

การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและประสิทธิภาพต่อการ
ยับยั้งไรโซปลา *Luciaphorus perniciosus* Rack

อัญชนก เวียนเป๊ะ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

กรกฎาคม 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

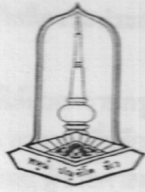
การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและประสิทธิภาพต่อการ
ยับยั้งไรโซปลา *Luciaphorus perniciosus* Rack

อัญชนก เวียนเป๊ะ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

กรกฎาคม 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

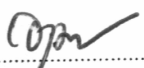


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวอัญชนก เวียนเป๊ะ
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 (รศ.ดร.ศิริธร ศิริอมรพรณ)	ประธานกรรมการ (อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)
 (ผศ.ดร.ประภัศร บุขหมั่น)	กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก)
 (อาจารย์ ดร.อิสราภรณ์ สมบุญวัฒนากุล)	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)
 (ผศ.ดร.ปิวิณา รัตนเสนา)	กรรมการ (ผู้ทรงคุณวุฒิ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม


(รศ.ดร.อนุชิตา มุ่งงาม)
คณบดีคณะเทคโนโลยี


(ผศ.ดร.กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ ๑๑ เดือน ก.ค. พ.ศ. ๒๕๖๑

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภัศร บุขหมั่น อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา รัตนเสนา ดร.อิสราภรณ์ สมบุญวัฒนากุล กรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนช่วยเหลือไขข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ หน่วยงานวิจัยโดยชีววิถีและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้คำแนะนำและอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณจิรายุ สาอุตม์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือในการทำวิจัยและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณนายสนธยา เรืองศักดิ์ นายนิรันดร์ จันทะเนตร และเพื่อนระดับบัณฑิตศึกษาทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัว บิดา มารดา ที่สนับสนุนทุนทรัพย์ให้โอกาสทางการศึกษาอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจที่สำคัญที่ดีตลอดมา

อัญชนก เวียนเป๊ะ

ชื่อเรื่อง	การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและประสิทธิภาพต่อการยับยั้งไร ไข่ปลา <i>Luciaphorus perniciosus</i> Rack
ผู้วิจัย	นางสาวอัญชนก เวียนเป๊ะ
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภัสสร บุขหมั่น
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2561

บทคัดย่อ

ไรไข่ปลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack) ก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากสำหรับการเพาะปลูกเห็ดในประเทศไทยเนื่องจากสามารถกัดกินเส้นใยของเห็ดขอนขาว เห็ดบด เห็ดหูหนู และเห็ดเข็มเงิน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเหง้าของพืชวงศ์ขิงในการยับยั้งไรไข่ปลา โดยใช้สารสกัดจากเหง้าของพืชสมุนไพร 5 ชนิดในวงศ์ Zingiberaceae ได้แก่ ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) ข่า (*Alpinia galanga* (L.) Swartz) กระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. Ex Baker) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) และไพล (*Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr. of) สกัดโดยใช้ตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการหมัก (maceration) และการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) จากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ผลได้ของสารสกัดหยาบด้วยวิธีการหมักพบว่า สารสกัดหยาบจากพืชที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณผลได้ของสารสูงที่สุด คือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้ปริมาณผลได้ 4.38 เปอร์เซ็นต์ รองมาคือสารสกัดหยาบจากไพลและข่าซึ่งสกัดด้วยวิธีเดียวกัน มีเปอร์เซ็นต์ผลได้เท่ากับ 2.62 และ 2.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ผลได้ของสารสกัดหยาบด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงพบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ที่เวลาการสกัด 5 นาทีให้ผลได้สูงที่สุดคือ 11.41 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากข่าและไพลที่สกัดด้วยวิธีเดียวกัน มีเปอร์เซ็นต์ผลได้เท่ากับ 7.77 และ 7.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการหมัก และการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการยับยั้งไรไข่ปลา โดยทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 2,500 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส สำหรับผลการทดลองการใช้สารสกัดหยาบจากพืชที่สกัดด้วยวิธีการหมัก พบว่าระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดหยาบจากไพลที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรไข่ปลาสูงที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาเท่ากับ 53.33 และ 52.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดจากข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนส่งผลต่อการตายของไรไข่ปลาต่ำที่สุดคือ 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชที่สกัดด้วยการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm พบว่าสารสกัดหยาบจากไพลที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (ระยะเวลาการสกัด 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรไข่ปลาสูงที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาเท่ากับ 94.44

และ 92.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (ระยะเวลาการสกัด 5 นาที) และสารสกัดหยาบไพลที่สกัดด้วยเฮกเซน (ระยะเวลาการสกัด 3 นาที) มีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเท่ากับ 91.00 และ 90.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากไพลและขมิ้นชันด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm มีศักยภาพในการนำไปใช้ควบคุมไรโซปลาศัตรูเห็ดและสามารถนำไปพัฒนาเป็นสารชีวภัณฑ์เพื่อควบคุมศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อทั้งผู้เพาะปลูกและผู้บริโภคได้

คำสำคัญ : ไรโซปลา; *L. perniciosus*; พืชวงศ์ขิง; คลื่นเสียงความถี่สูง

TITLE Ultrasound-Assisted Solvent Extraction of Thai Zingiberaceous Plants and Efficacy of Crude Plant Extracts on Mushroom Mite, *Luciaphorus perniciosus* Rack

AUTHOR Miss Anchanok Wianpe

DEGREE Master of Science **MAJOR** Biotechnology

ADVISORS Assistant Professor Prapassorn Bussaman, Ph.D.

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2018

ABSTRACT

Luciaphorus perniciosus Rack (Acari: Pygmephoridae) has caused a major problem to mushroom cultivation of Thailand due to its ability to destroy the mycelia of cultivated mushrooms, including *Lentinus squarrosulus* Mont., *Lentinus polychrous* Lev., *Auricularia polytricha* Saac., and *Flammulina velutipes* Karst. This study therefore aimed to evaluate the efficacy of the crude extracts derived from rhizomes of five herbs in Zingiberaceae family, including *Zingiber officinale* Roscoe, *Alpinia galangal* (L.) Swartz, *Kaempferia parviflora* Wall. Ex Baker, *Curcuma longa* L., and *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr. for controlling mushroom mite. The extracts were obtained by using hexane, acetone and 80% ethanol as solvents for maceration and ultrasound-assisted solvent extraction methods. The results showed that crude *C. longa* L. extract derived by maceration and using 80% ethanol as solvent gave the highest percentage of extraction yield at 4.38%, followed by *Z. montanum* (Koenig) Link ex Dietr. and *A. galangal* (L.) Swartz that were extracted by the same procedure and resulted in the extraction yield at 2.62% and 2.56%, respectively. For crude extracts derived by ultrasound-assisted solvent extraction, the results showed that crude extract of *C. longa* L. that used 80% ethanol as solvent and 5-minute extraction gave the highest percentage of extraction yield at 11.41%, followed by *A. galangal* (L.) Swartz and *Z. montanum* (Koenig) Link ex Dietr. that were extracted by the same procedure and resulted in the extraction yield at 7.77% and 7.38%, respectively.

For evaluation of the efficacy of the crude extracts derived from plants in Zingiberaceae family by maceration and ultrasound-assisted solvent extraction methods for controlling mushroom mite, the crude extracts were tested at the concentrations of 2,500 5,000 10,000 and 15,000 ppm at 28 ± 2 °C. For the crude plant extracts derived by maceration at the concentration of 15,000 ppm, the results showed that crude extracts of *Z. montanum* (Koenig) Link ex Dietr. obtained by using hexane and 80% ethanol as solvents had the highest efficacy for inhibition of *L. perniciosus* by resulting in the mortality at 53.33 and 52.22%, respectively. This was followed by the

crude extract of *C. longa* L. obtained by using 80% ethanol that resulting in the mortality at 50%. However, the crude extract of *A. galangal* (L.) Swartz had the lowest efficacy for inhibition of *L. perniciosus* by causing mortality at 30%. In addition, for the crude plant extracts derived by ultrasound-assisted solvent extraction at the concentration of 15,000 ppm, the results showed that crude extract of *Z. montanum* (Koenig) Link ex Dietr. obtained by using hexane and 80% ethanol as solvents and 5-minute extraction had the highest efficacy for inducing *L. perniciosus* mortality at 94.44 and 92.22%, respectively, followed by the crude extract of *C. longa* L. derived by using 80% ethanol as solvent and 5-minute extraction and the crude extract of *Z. montanum* (Koenig) Link ex Dietr. obtained by using hexane as solvent and 3-minute extraction that causing mortality at 91.00% and 90.00%, respectively. The results from this study showed that extracts derived from *Z. montanum* (Koenig) Link ex Dietr. and *C. longa* L. that were extracted by using 80% ethanol as solvents and ultrasound-assisted solvent extraction methods have the potentials to be used for controlling *L. perniciosus* and can be developed as a safe and effective miticides for both growers and consumers.

Key Words : Crude Plant Extracts, Ultrasound-Assisted Extraction, Mushroom Mite, *L. perniciosus*

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพประกอบ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล	5
2.1 พืชวงศ์ชิง	5
2.2 ไรโซปลา (<i>Luciaphorus perniciosus</i> Rack)	13
2.3 การสกัดสารและตัวทำละลายที่สำคัญ	16
2.4 วิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร	17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	23
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	24
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	27
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	27
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	28
4.1 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ชิง	28
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ชิง ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) ต่อการยับยั้งไรโซปลา	30
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ชิง ที่สกัดด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ต่อการยับยั้งไรโซปลา	35
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อเห็ด และการเตรียมสารสกัดเห็ด	59
ภาคผนวก ข ลักษณะของสารสกัดเห็ดจากฟางข้าวและเชื้อเห็ดของขาว (<i>Lentinus squarrosulus</i> Mont.) หลังจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	62
ประวัติย่อผู้วิจัย	65

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 4.1 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (%yield) ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิง ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการหมัก (maceration)	29
ตาราง 4.2 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (%yield) ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิง ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction)	30
ตาราง 4.3 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดพืชวงศ์ขิง สกัดโดยวิธีการหมัก (maceration) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 1 วัน	32
ตาราง 4.4 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดพืชวงศ์ขิง สกัดโดยวิธีการหมัก (maceration) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 2 วัน	33
ตาราง 4.5 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดพืชวงศ์ขิง สกัดโดยวิธีการหมัก (maceration) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 3-5 วัน	34
ตาราง 4.6 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากขิง (<i>Z. officinale</i>) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 1 วัน	35
ตาราง 4.7 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากขิง (<i>Z. officinale</i>) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 2 วัน	36
ตาราง 4.8 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากขิง (<i>Z. officinale</i>) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 3-5 วัน	37
ตาราง 4.9 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากข่า (<i>A. galanga</i>) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 1 วัน	38

สารบัญตาราง (ต่อ)

[illegible]

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง 4.18 เพอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากไพล (<i>Z. montanum</i>) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 1 วัน	47
ตาราง 4.19 เพอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากไพล (<i>Z. montanum</i>) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 2 วัน	48
ตาราง 4.20 เพอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากไพล (<i>Z. montanum</i>) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 3-5 วัน	49
ตาราง 4.21 เปรียบเทียบเพอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจาก จิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้น 15000 ppm ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 3 - 5 วัน	50

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 2.1 ลักษณะของเหง้ากระชายดำ	6
ภาพประกอบ 2.2 ลักษณะของเหง้าข่า	7
ภาพประกอบ 2.3 ลักษณะของเหง้าขิง	9
ภาพประกอบ 2.4 ลักษณะของเหง้าขมิ้นชัน	11
ภาพประกอบ 2.5 ลักษณะของเหง้าไพล	12
ภาพประกอบ 2.6 ลักษณะของไรโซปลา (<i>Luciaphorus perniciosus</i> Rack)	15
ภาพประกอบ 2.7 ลักษณะของเครื่อง ultrasound-assisted solvent extraction	19
ภาพประกอบ 3.1 ลักษณะการเจริญของเส้นใยเห็ดขอนขาว (<i>Lentinus squarrosulus</i> Mont.) บนอาหาร PDA นาน 5 วัน	24
ภาพประกอบ 3.2 ลักษณะการเจริญของเส้นใยเห็ดขอนขาว (<i>L. squarrosulus</i> Mont.) บนส่วนผสมของวัสดุเพาะ นาน 1 สัปดาห์	24
ภาพประกอบ 3.3 การสกัดสมุนไพรโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงด้วยเครื่อง กำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction)	26
ภาพประกอบ ข.1 การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงด้วยวิธีการหมัก (maceration)	63
ภาพประกอบ ข.2 ตัวอย่างสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียง ความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction)	63
ภาพประกอบ ข.3 การยับยั้งไรโซปลา เมื่อทดสอบด้วยสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยตัว ทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 และ 15,000 ppm หลังการบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

พืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เป็นพืชล้มลุกขึ้นได้ดีในเขตร้อนและกึ่งร้อน เจริญเติบโตได้ดีในฤดูฝน มีลำต้นใต้ดินเป็นเหง้า (rhizome) มีกลิ่นเฉพาะตัวซึ่งเกิดจากน้ำมันหอมระเหยที่เป็นต่อมน้ำมันอยู่ภายในเซลล์ เช่น ขิง ข่า โพล กระชายดำ ขมิ้นชัน กระเทียม และเปราะหอม พืชในวงศ์นี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้ประกอบอาหารหรือเป็นเครื่องเทศ เป็นสมุนไพรรักษาโรค และใช้ประโยชน์ในรูปแบบของสารสกัดเพื่อการควบคุมศัตรูพืชทดแทนการใช้สารเคมี (พวงเพ็ญ ศิริรักษ์, 2551)

การสกัดสารจากพืชวิธีดั้งเดิมที่นิยมกระทำคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวก ทำได้ง่าย และสารสำคัญในพืชไม่ถูกความร้อน แต่ข้อเสียของวิธีการนี้คือใช้เวลานานและสิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการสกัดสารจากพืชมากมายเพื่อให้ได้สารที่มีคุณภาพและช่วยลดระยะเวลาและตัวทำละลายในการสกัดได้แก่ การใช้ไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction) ซึ่งจะใช้คุณสมบัติของตัวทำละลายในการต้านทานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อวางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงร่วมกับตัวทำละลายในการสกัด (ultrasound-assisted extraction, UAE) ซึ่งคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยให้ผนังเซลล์แตกและได้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพออกสู่ตัวทำละลาย (Azwanida, 2015)

โรคศัตรูเห็ดก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากสำหรับการเพาะปลูกเห็ดในประเทศไทยโดยเฉพาะไรโซปลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack) ซึ่งมีขนาดเล็กมากจนต้องอาศัยแว่นขยายเข้าช่วยจึงจะเห็นได้ชัด โรคชนิดนี้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเห็ดอย่างรุนแรงโดยจะกัดกินเส้นใยของเห็ด ได้แก่ เห็ดขอนขาว เห็ดบด เห็ดหูหนู และเห็ดเข็มเงิน ในระยะที่เส้นใยเจริญเติบโตอยู่บนวันอาหาร ระยะหัวเชื้อ และระยะบ่มเส้นใยในถุงพลาสติก ทำให้เส้นใยขาดออกจากกันและไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ Bussaman *et al.* (2012) รายงานการควบคุมไรโซปลาโดยใช้สารสกัดจากพืช พบว่าสารสกัดจากवानข้มดลูกและโพลเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) มีประสิทธิภาพในการทำลายไรโซปลา 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขมิ้นชันและกระเทียม มีประสิทธิภาพในการทำลายโรคชนิดนี้ 98.89 และ 97.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดวงสมรสุทธิสุทธิ และคณะ (2554) รายงานว่าที่ความเข้มข้น 1.27 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงวงข้าวโพดดีที่สุดคือ วานข้ม (91.5 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือกระเทียมควาย (89.4 เปอร์เซ็นต์) และข่าลิง (78.1 เปอร์เซ็นต์) สำหรับน้ำมันหอมระเหยที่สามารถไล่มอดแบ่งได้ดีที่สุดคือ ข่าลิง (97.4 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือวานข้ม (95.3 เปอร์เซ็นต์) และกระเทียมควาย (93 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วยังมีพืชวงศ์ขิงอีกหลายชนิดที่พบว่ามีประสิทธิภาพดีในการกำจัดศัตรูพืชในระดับห้องปฏิบัติการ แต่จากงานวิจัยหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติ พบว่าสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติมีความคงตัวต่ำ อาจเนื่องมาจากปัจจัยบางปัจจัยที่ทำให้สารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติเสื่อมสภาพลง เช่น การย่อยสลายผ่าน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน แสง อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลาในการเก็บรักษา (Morais *et al.*, 2002; Chang *et al.*, 2005; Cinar, 2005)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิดได้แก่ ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล จากการสกัดด้วยวิธีการหมักเปรียบเทียบกับการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการทำลายไรโซพลาสต์โรคเห็ดและศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดพืชวงศ์ขิง เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการควบคุมโรคเห็ดแทนการใช้สารเคมี เพื่อให้มีความปลอดภัยต่อเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดและผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลได้ของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง (ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และ ไพล) ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) และวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction, UAE)

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) ด้วยตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ในการทำลายไรโซพลา

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (UAE) โดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 1 3 และ 5 นาที ในการทำลายไรโซพลา

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 สารสกัดสารจากพืชโดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกันส่งผลต่อปริมาณผลได้ที่ต่างกัน

1.3.2 สารสกัดสารจากพืชด้วยวิธีสกัดที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำลายไรโซพลาต่างกัน

1.3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสารที่ต่างกันด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง ส่งผลต่อประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งไรโซพลาต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิดต่อการยับยั้งไรโซพลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack) โดยกำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1.4.1 การศึกษาปริมาณผลได้ที่ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิด ได้แก่ ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล ที่สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงและใช้วิธีการหมัก

ตัวแปรที่วิจัย

ตัวแปรต้น คือ สารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิด ได้แก่ ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล

ตัวแปรตาม คือ เปอร์เซ็นต์ผลได้ที่ของสารสกัด

1.4.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) ต่อการยับยั้งไรโซปลา

ตัวแปรที่วิจัย

ตัวแปรต้น คือ ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน อะซีโตน และ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์

ตัวแปรตาม คือ เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา

1.4.3 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (UAE) ต่อการยับยั้งไรโซปลา

ตัวแปรที่วิจัย

ตัวแปรต้น คือ ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน อะซีโตน และ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสาร 1, 3 และ 5 นาที

ตัวแปรตาม คือ เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบผลได้ของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง (ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และ ไพล) ที่สกัด ด้วยวิธีการหมัก (maceration) และวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (UAE)

1.5.2 ทราบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) ด้วยตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ในการทำละลายไรโซปลา

1.5.3 ทราบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับ คลื่นเสียงความถี่สูง (UAE) โดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน อะซีโตนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ ระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที ในการทำลายไรโซปลา

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 *Luciaphorus perniciosus* Rack หมายถึง ไรโซปลาซึ่งเป็นศัตรูสำคัญของเห็ดหลาย ชนิดจะแพร่กระจายได้ง่ายโดยติดไปกับก้อนเชื้อหรือวัสดุเพาะเห็ด

1.6.2 Potato dextrose agar (PDA) หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อราที่นำมาใช้เลี้ยงเส้นใยเห็ด ขอนขาว

1.6.3 *Lentinus squarrosulus* Mont. หมายถึง เส้นใยเห็ดขอนขาว เป็นเส้นใยเห็ดที่ใช้ใน การทดสอบกับไรโซปลา

1.6.4 Maceration (การหมัก) เป็นการหมักสมุนไพรกับตัวทำละลายจนเนื้อเยื่อของสมุนไพร อ่อนนุ่มและตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบภายในผงสมุนไพรออกมาได้

1.6.5 Ultrasound-assisted extraction คือ การสกัดสารด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียง ความถี่สูง เป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตราโซนิก (Ultrasonic) ร่วมกับตัวทำละลายในการ สกัดสาร โดยคลื่นเสียงความถี่สูงจะมีความถี่ตั้งแต่ 20 kHz ถึง 2000 kHz

1.6.6 *Kaempferia parviflora* Wall. Ex Baker หมายถึง กระชายดำ เป็นสมุนไพรที่นำมาสกัดเพื่อใช้ในการทดสอบกับไรโซปลา

1.6.7 *Alpinia galanga* (L.) Swartz หมายถึง ข่า เป็นสมุนไพรที่นำมาสกัดเพื่อใช้ในการทดสอบกับไรโซปลา

1.6.8 *Zingiber officinale* Roscoe หมายถึง ขิง เป็นสมุนไพรที่นำมาสกัดเพื่อใช้ในการทดสอบกับไรโซปลา

1.6.9 *Curcuma longa* L. หมายถึง ขมิ้นชัน เป็นสมุนไพรที่นำมาสกัดเพื่อใช้ในการทดสอบกับไรโซปลา

1.6.10 *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr. หมายถึง ไพล เป็นสมุนไพรที่นำมาสกัดเพื่อใช้ในการทดสอบกับไรโซปลา

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและประสิทธิภาพต่อการยับยั้งไรโซปลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack) มีเอกสารที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 พืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae)
- 2.2 ไรโซปลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack)
- 2.3 การสกัดสารและตัวทำละลายที่สำคัญ
- 2.4 วิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae)

2.1.1 กระชายดำ

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Kaempferia parviflora* Wall. Ex Baker

วงศ์: Zingiberaceae

ชื่อสามัญ: Black Galingale

ชื่อท้องถิ่น: ว่านจิ้งจก ว่านพญานกยูง ว่านกันบัง ว่านกำบัง ว่านกำบังภัย
กะแอน ระแอน (ภาคเหนือ) ขิงทราย (มหาสารคาม)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กระชายดำมีถิ่นกำเนิดอยู่ในบริเวณแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และ สามารถพบกระชายดำจำนวนมากในบริเวณประเทศมาเลเซีย เกาะสุมาตรา เกาะบอร์เนียว อินโดจีน และไทย และยังมีการกระจายพันธุ์ของกระชายดำในเอเชียเขตร้อน เช่น ประเทศจีนตอนใต้ อินเดีย และประเทศพม่า สำหรับประเทศไทยกระชายดำได้มีการปลูกในจังหวัดต่างๆ ทั่วภูมิภาค เช่น เลย ตาก กาญจนบุรี และจังหวัดอื่นๆ ของภาคเหนือ (อรพิน เสละคร, 2547) แต่คุณภาพของกระชายดำที่ได้จะมีความแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศและแร่ธาตุในดิน กระชายดำสามารถขึ้นได้ดีที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 700 เมตรขึ้นไป ซึ่งอำเภอห้วยและอำเภอภูเรือ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลที่เหมาะสมจึงปลูกกระชายดำได้ดี เชื่อกันว่ากระชายดำที่ปลูกใน 2 แหล่งนี้ มีสรรพคุณทางยาสูง เนื่องจากมีอากาศหนาวเย็นเกือบตลอดทั้งปี ปริมาณน้ำฝนไม่มากและน้อยจนเกินไป นอกจากนี้ยังมีปริมาณของแร่ธาตุในดินในสัดส่วนที่พอเหมาะต่อการสร้างด้วยาสมุนไพรของกระชายดำ (ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ, 2545)

ต้นกระชายดำเป็นพรรณไม้ล้มลุก ขนาดลำต้นสมบูรณ์เต็มที่สูงประมาณ

30 เซนติเมตร ส่วนของแกนกลางลำต้นจะมีลักษณะแข็ง มีกาบใบที่อวบหนา นุ่ม หุ้มแกนลำต้นไว้ ลำต้นโดยรวมจะอวบอ้วนน้ำเหมือนกับพืชล้มลุกทั่วไป ใบของกระชายดำ เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกเรียงสลับซ้อนกันเป็นรูปกรวย และจะแยกออกจากกันเป็นอิสระเมื่อโตขึ้น สีของใบกระชายดำเมื่อเริ่มแตกใบอ่อนจะมีสีเขียวเข้มม่วงอมแดง และจะค่อยๆ สีจางไปเป็นสีเขียวเข้ม เส้นขอบใบมีสีแดงระเรื่อ หรืออมชมพูคล้าย

รอยไหม้ กาบใบจะยาวเป็นร่อง แหว่งขึ้นมาจากหัวที่อยู่ใต้ดิน ใบมีกลิ่นหอมเฉพาะขนาดของใบกว้างประมาณ 7-20 เซนติเมตร ยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของ ธาตุอาหารในดิน หรือการดูแลรักษา เหง้า รูปทรงกลม เรียงต่อกัน มักมีขนาดเท่าๆ กัน หลายเหง้า อวบน้ำ ผิวเหง้าสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม (ภาพประกอบ 2.1) อาจพบรอยที่ผิวเหง้าเป็นบริเวณที่จะงอกของต้นใหม่ เนื้อภายในสีม่วงอ่อน ม่วงเข้ม จนถึงสีม่วงดำ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว รสชาติขมเล็กน้อย (นุศรา ดาวโรจน์, 2550)



ภาพประกอบ 2.1 ลักษณะของเหง้ากระชายดำ

สารสำคัญที่พบในกระชายดำ

ในเหง้ากระชายดำมีน้ำมันหอมระเหยแต่พบในปริมาณน้อย (ประมาณร้อยละ 1 – 3) น้ำมันหอมระเหยของกระชายดำประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น 1,8-cineol, camphor, d-borneol และ methyl cinnamate น้ำมันหอมระเหยที่พบส่วนน้อย ได้แก่ d-pinene, zingiberene, zingiberone, curcumin และ zedoarin นอกจากนี้ ยังพบสารอื่น ได้แก่ สารกลุ่มไดไฮโดรชัลโคน pincocembrin และสารกลุ่มชัลโคน ได้แก่ 2, 4, 6-trihydroxy chalcone และ cardamonin (ณตยา ธนะศิริวัฒนา และคณะ, 2540) สาร 5,7,3',4' -tetramethoxyflavone ที่พบในกระชายดำ ซึ่งพบว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Plasmodium falciparum* ที่เป็นสาเหตุของโรคมาลาเรีย ส่วนสาร 3,5,7,4'-tetramethoxyflavone และ 5,7,4'-trimethoxyflavone แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ *Candida albicans* และแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ *Mycobacterium* sp. อย่างอ่อน (นุศรา ดาวโรจน์, 2552)

ประโยชน์และการนำไปใช้ประโยชน์

กระชายดำมีสรรพคุณทางยา และช่วยบำรุงกำลัง บำรุงหัวใจ แก้ใจสั่น แก้บิด แก้ปวดข้อ แก้ลมวิงเวียนแน่นหน้าอก แก้แผลในปาก ทำให้โลหิตหมุนเวียนดีขึ้น ผิวพรรณผุดผ่องสดใส ขับปัสสาวะ แก้โรคกระเพาะและปวดท้อง เป็นต้น แต่ที่กล่าวกันมากคือ บำรุงกำหนด จึงได้ฉายาว่า โสมไทย (กลุ่มกีฏวิทยาทางการแพทย์, 2546)

สาร 5,7 - dimethoxyflavone (5,7-DMF) ที่แยกได้จากเหง้ากระชายดำ มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ และมีฤทธิ์ลดไข้ จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอักเสบของสารนี้ในสัตว์ทดลองด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าสาร 5,7-DMF สามารถต้านการอักเสบแบบเฉียบพลันได้ดีกว่าแบบเรื้อรัง โดยแสดงฤทธิ์ยับยั้งการบวมของอุ้งเท้าหนูขาวจากสารคาราจีแนน (carrageenan) และคาโอลิน (kaolin) ได้ 16.0-48.0

เปอร์เซ็นต์ และ 43.7-80.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า สาร 5,7-DMF มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างสาร prostaglandin G อย่างมีนัยสำคัญ (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554)

Bussaman *et al.* (2012) รายงานว่าสารสกัดเอทานอลจากเหง้ากระชายดำ ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการทำละลายไขปลาได้ถึง 88.89 เปอร์เซ็นต์

2.1.2 ข่า

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Alpinia galanga* (Linn.) Swartz.

วงศ์: Zingiberaceae

ชื่อสามัญ: Galangal

ชื่อท้องถิ่น: ข่าหยวก ข่าหลวง สะเอเซย สะเอเคย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แหล่งกำเนิดของข่าไม่ปรากฏหลักฐานแน่นอนว่าที่ใด แต่มีรายงานการใช้ในแถบเกาะสุมาตราและทางภาคใต้ของจีน ในปัจจุบันมีการปลูกทุกประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย บังคลาเทศ จีน และสุรินัม เหง้าข่าอ่อนมีอายุประมาณ 4-7 เดือน มักใช้รับประทานประกอบอาหารและบริโภค เช่น เป็นผักลวกร่วมกับน้ำพริก ประกอบอาหารประเภทแกง ต้ม ส่วนข่าแก่นิยมนำมาใช้เป็นสมุนไพร ทั้งในรูปสารสกัด ผงข่า และน้ำมันหอมระเหย (เอกรินทร์ ภัทรธนวดี, 2550)

ข่าเป็นไม้ล้มลุก สูง 1.5-2 เมตร อยู่เหนือพื้นดิน เหง้ามีข้อและปล้องชัดเจน เนื้อในสีเหลืองและมีกลิ่นหอมเฉพาะ (ภาพประกอบ 2.2) ใบเดี่ยวเรียงสลับ รูปใบหอก รูปวงรีขนาน กว้าง 7-9 เซนติเมตร ยาว 20-40 เซนติเมตร ดอก ช่อ ออกที่ยอด ดอกย่อยขนาดเล็ก กลีบดอกสีขาว โคนติดกันเป็นหลอดสั้นๆ ปลายแยกเป็น 3 กลีบ กลีบใหญ่ที่สุดมีริ้วสีแดง ใบประดับรูปไข่ ผล เป็นผลแห้งแตกได้ (วิทยา ทวีสุข, 2549)



ภาพประกอบ 2.2 ลักษณะของเหง้าข่า

สารสำคัญที่พบในข่า

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในเหง้าข่าพบว่าสาร cineole, camphor และ eugenol สามารถลดการบีบตัวของลำไส้, 1-acetoxychavicol acetate, 1-acetoxyeugenol acetate และ eugenol สามารถช่วยลดการอักเสบ 1'-acetoxychavicol acetate และ

1'-acetoxyeugenol acetate ช่วยยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร และใช้เป็นสารฆ่าเชื้อรา นอกจากนี้สาร eugenol ยังมีฤทธิ์ขับน้ำดี ช่วยย่อยอาหาร และฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และข่ายังถูกพบว่ามีสาร methyl cinnamate, pinene, galangin, chavicol, trans-p-coumaryl diacetate, coniferyl diacetate, p-hydroxy-trans-cinnamaldehyde, kaemferol และ quercetin

ประโยชน์และการนำไปใช้ประโยชน์

สารสกัดข่าด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ ไดเอทิลอีเธอร์ อะซีโตน และน้ำสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Salmonella typhi* ที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงได้ โดยมี eugenol และ 1'-acetoxychavicol acetate เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย สาร 1'-acetoxychavicol acetate สามารถยับยั้งแบคทีเรียสายพันธุ์ดื้อยา *S. typhi*, *E. coli*

Enterococcus faecalis, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Bacillus cereus*

สารสกัดข่าด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยทำลายผนังเซลล์ทั้งชั้นในและชั้นนอกของแบคทีเรีย และพบสารสำคัญที่ออกฤทธิ์คือ 1'-acetoxychavicol acetate การวิเคราะห์หาค่าประกอบของสารสกัดข่า พบว่าประกอบด้วยสาร 1, 8-cineole (ร้อยละ 20.95), beta-bisabolene (ร้อยละ 13.16), beta-caryophyllene (ร้อยละ 17.95) และ beta-selinene (ร้อยละ 10.56)

สารสกัดข่าสดและสารสกัดน้ำมันข่าสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *Bacillus cereus* และ *S. typhi* ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อได้ น้ำมันหอมระเหยจากข่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบในอาหาร *Campylobacter jejuni* ได้ปานกลาง สารสกัดข่าด้วยเอทิลอะซีเตตสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดสิว *Propionibacterium acnes* ได้ นอกจากนี้สารสกัดข่าด้วยเอทิลแอลกอฮอล์มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคพืช *Lemma minor* ได้ ผงเครื่องเทศและข่าร้อยละ 2 มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Salmonella typhimurium* ในจานเลี้ยงเชื้อได้

ธารทิพย์ ภาสบุตร (2540) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดข่าที่สกัดด้วยเอทานอลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 63.55 และ 82.50 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 75.50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จงรัก ชูเทียน (2554) ใช้สารสกัดจากข่า (*A. galanga*) ที่สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95เปอร์เซ็นต์ ในรูปแบบสารสกัดหยาบ และรูปแบบสารสกัดบริสุทธิ์ โดยทดลองที่ระดับความเข้มข้น 10 15 20, 25 และ 30เปอร์เซ็นต์ ผลการวิจัยพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดหยาบจากข่า ให้ผลดีที่สุดในการกำจัดเหา โดยทำให้เหาตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (หลังการสัมผัส 8 ชั่วโมง) และมีค่ามัธยฐานของเวลาที่ทำให้เหาตาย (LT_{50}) เท่ากับ 3.67 ชั่วโมง

เนตรนภิส เขียวชา และคณะ (2553) รายงานว่าสารสกัดหยาบเมทานอลและอะซีโตนของข่า เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ด้วยวิธี microdilution bioassay พบว่าสารสกัดหยาบจากอะซีโตน สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่แยกได้จากองุ่น โดยมีค่า MIC เท่ากับ 1,250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่เวลา 24 ชั่วโมง ส่วนสารสกัดจากเมทานอลสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ซึ่งแยกได้จากพริก องุ่น มะม่วง มังคุด มีค่า MIC เท่ากับ 2,500 1,250 2,500 และ 625 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ตามลำดับ ที่เวลา 24 ชั่วโมง และสรุปได้ว่าชาามีแนวโน้มในการพัฒนาเพื่อใช้เป็นสารควบคุมเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวต่อไปได้

2.1.3 จิง

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Zingiber officinale* Roscoe

วงศ์: Zingiberaceae

ชื่อสามัญ: Ginger

ชื่ออื่นๆ: จิงแกลง จิงแดง (จันทบุรี) จิงเผือก (เชียงใหม่) สะเอ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

จิงเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปเอเชีย เช่น อินเดีย จีน ไทย เป็นต้น ชาวจีนรู้จักจิงเมื่อประมาณ 400 ปี ก่อนคริสตศักราช ชาวกรีกและชาวโรมันก็รู้จักเช่นกัน ชาวสเปนเป็นผู้นำจิงไปปลูกในประเทศจาไมก้าและหมู่เกาะอินเดียตะวันตก ปัจจุบันมีการปลูกจิงกันอย่างแพร่หลายในแถบประเทศที่มีอุณหภูมิร้อนชื้น (Guzman and Siemonsma, 1999)

จิงเป็นพืชล้มลุก มีลักษณะเป็นกอสูงประมาณ 90 เซนติเมตร ก้านใบเป็นกาบหุ้มซ้อนกัน จัดเป็นพืชตระกูลเดียวกับข่า ขมิ้น มีลำต้นใต้ดิน ซึ่งมีลักษณะคล้ายฝ้ามือ (ภาพประกอบ 2.3) เรียกว่า เหง้า เปลือกเหง้ามีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีสีเหลืองอมเขียว มีใยอาหารมาก จิงอ่อนมีสีขาวออกเหลือง มีรสเผ็ดและกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว จิงยังแก้อย่างมีรสเผ็ดร้อน (จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์, 2549)



ภาพประกอบ 2.3 ลักษณะของเหง้าจิง

สารสำคัญที่พบในจิง

เหง้าจิงพบ gingerol zingiberene, zingiberone zingiberonol, shogaol, fenchone, camphene cineol citronellol ใน น้ำมันหอมระเหย พบสาร bisabolene, zingiberone zingiberol, zingiberene, limonene, citronellol gingerol, camphene, borneol, cineol ทั้งต้น พบ 5 - (1) - 6 - gingerol ใบ พบ shikimic acid จิงมีน้ำมันระเหยง่าย เช่น zingiberol, zingiberene, phellandrene, camphene, citral, linalool, methylheptenone, nonyl aldehyde-borneol อนุพันธ์ของ gingerol, shogaol และ diarylheptanoids มีฤทธิ์ต้านการ

อาเจียน และช่วยขับลม นอกจากนี้สารในน้ำมันหอมระเหย เช่น menthol, cineole มีผลลดอาการจุกเสียดได้ (วทันยา ลิมพะยอม และคณะ, 2557)

ประโยชน์และการใช้ประโยชน์

กระตุ้นการบีบตัวของหัวใจ ยับยั้งการจับตัวของเกล็ดเลือด แก้ปวด ลดไข้ ขับน้ำดี ทำให้กระเพาะอาหารและลำไส้บีบตัวเพิ่มขึ้น ยับยั้งเชื้อ *Helicobacter pylori* ด้านการอักเสบ ปกป้องไต ปกป้องตับ ด้านมะเร็ง ป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ ลดน้ำตาลในเลือด บรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ อาหารไม่ย่อย ช่วยเจริญอาหาร ด้านการอักเสบ กระตุ้นการไหลเวียนเลือด กระตุ้นระบบการหายใจ (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554)

มณฑกาญจน์ ชนะภักย์ (2549) รายงานว่าสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมได้ 96.23 เปอร์เซ็นต์

Ahmad *et al.* (2013) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิง (*Z. officinale*) เทียนดำ (*Nigella sativa*) และกระเทียม (*Allium sativum*) ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) โดยใช้ตัวทำละลาย acetone ต่อการทำลายตัวอ่อนของด้วงหนังสัตว์ (*Trogoderma granarium* (E.)) พบว่าสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้น 2 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการตายของตัวอ่อนด้วงหนังสัตว์ สูงที่สุด โดยมีอัตราการตาย 13.01, 15.44, 16.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.1.4 ขมิ้นชัน

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Curcuma longa* Linn.

วงศ์: Zingiberaceae

ชื่อสามัญ: Turmeric

ชื่อท้องถิ่น: ขมิ้น (ทั่วไป) ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว (เชียงใหม่) ขมิ้น หมิ้น (ภาคใต้)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นพืชเหง้าแก่ที่รู้จักกันมานาน มีถิ่นกำเนิดในเอเชียอาคเนย์ ปลูกกันมากในอินเดีย ศรีลังกา จีน เวียดนาม ใต้หวัน นอกจากนี้ยังมีการปลูกที่ประเทศเปรู ไฮติ และจาไมก้า (Farrell, 1990) สำหรับขมิ้นชันที่จะนำมาใช้ประโยชน์นั้น การเก็บเกี่ยวไม่ควรเก็บในระยะที่ขมิ้นเริ่มแตกหน่อ เพราะจะทำให้สารที่มีประโยชน์อย่าง curcumin ในขมิ้นมีน้อย ส่วนเหง้าที่เก็บมาต้องมีอายุอย่างน้อย 9-12 เดือน และต้องไม่เก็บไว้นานเกินไป และไม่ให้ถูกแสงแดด เพราะน้ำมันหอมระเหยในขมิ้นจะหมดไปเสียก่อน

ขมิ้นชันเป็นพืชล้มลุกมีอายุหลายปี สูง 30-90 เซนติเมตร ท้องใบไม่มีขน ใบประดับมีสีเขียวอ่อนหรือสีขาว ดอกออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกยาวแทงออกจากเหง้าแทรกขึ้นมาระหว่างก้านใบ มีกลีบดอก มีสีเหลืองอ่อน บานครั้งละ 3-4 ดอก ผลมีรูปกลมมี 3 พู ฤดูแล้งขมิ้นจะลงหัว ต้นและใบบนดินแห้ง ส่วนที่อยู่ใต้ดินแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนหัวและส่วนรูปไข่เรียกว่าเหง้า เหง้ามีสีเหลืองอมส้ม ขนาดเหง้าเล็กกว่าและมียอดน้อยกว่าขมิ้นอ้อยมีแขนงเป็นรูปทรงกระบอกแตกออกสองข้าง (ภาพประกอบ 2.4) (พร้อมจิต ศรีลัมภ์ และอาทร รวีไพบูลย์, 2542)



ภาพประกอบ 2.4 ลักษณะของเหง้าขมิ้นชัน

สารสำคัญที่พบในขมิ้นชัน

ขมิ้นชันประกอบด้วยสารจำพวก turmerol ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีสูตรโมเลกุล $C_{13}H_{18}O$ หรือ $C_{14}H_{20}O$ ต่อมาเมื่อมีการศึกษาพบ สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยได้แก่ turmeron, ar-turmerone, borneol, iso-borneol, camphor, caryophyllene, cineole, curcumenol, curdione, curzerenone, eugenol, limonene, linalool, α - pinene, β - pinene , sabinene, terpinene, terpineol, zingiberene โดยพบว่าในขมิ้นชันแห้งจะมีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 2-6 ซึ่งมีสีเหลืองปนส้ม มีกลิ่นเฉพาะตัว และมีสารประกอบ turmurone อยู่ร้อยละ 50-80 ของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีการสกัดสารอีกหลายชนิดได้แก่ glycine, elements, bisdemethoxycurcumin, desmethoxycucumin และ essential oil จากส่วนอื่นๆ ของขมิ้นชัน (รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล และคณะ, 2545)

ประโยชน์และการใช้ประโยชน์

พบว่าสารสกัดจากขมิ้นมีฤทธิ์ในการไล่มอดแแบ่งและด้วงงวง และมีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำ ป้องกันการวางไข่และป้องกันยุงได้นาน 1.5 – 7.7 ชั่วโมง

ใช้เหง้าแก่สดบดผสมกับน้ำในอัตราส่วน ขมิ้นชันบดครึ่งกิโลกรัมผสมกับน้ำ 20 ลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน กรองเอาแต่น้ำ ฉีดพ่นแปลงผักใช้ไล่และกำจัดแมลงได้หลายชนิด เช่น ด้วงถั่วเขียว หนอนใยผัก แมลงวันแตง มอดข้าวเปลือก หนอนแมลงวันเจาะต้นถั่ว (*Ophiomyia reticulata*) และหนอนเจาะยอดกะหล่ำ (*Hellula undalis*) เป็นต้น จากการวิจัยพบว่าเหง้าขมิ้นชันมีสารที่ทำลายระบบประสาทของแมลง และถ้าใช้สารสกัดที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายสกัด เช่น ethanol จะได้สารสกัดที่มีน้ำมันในปริมาณสูง มีกลิ่นรุนแรง สามารถนำไปคลุกเมล็ดถั่วต่างๆ เพื่อป้องกันแมลงในโรงเก็บได้เป็นอย่างดี (อำนวย อิศรางกูร, 2553)

Wuttiwong *et al.* (2015) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันพบว่าที่ความเข้มข้น 0.003, 0.03, 0.16, 0.31, 0.47, 0.63 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร ยังส่งผลต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamas*) ได้ 9.3, 16.4, 85.3, 88.0, 91.1, 93.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Pumnuan *et al.* (2009) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน (*C. longa*) ที่สกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) ต่อการควบคุมไรไขปลาเทศเมียที่ทองประมาณ 2-3 วัน (*Luciaphorus perniciosus*) ด้วยวิธีการรมควัน โดยการนำกระดาษกรองจุ่มใน

น้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 0, 0.125, 0.25, 1.25, 2.5, 12.5, 25, 50 และ 75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้ 2 เปอร์เซ็นต์ ของ tween-20 เป็นสารช่วยในการผสม วางลงในขวดแก้วขนาด 16 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่บรรจุเมล็ดฟางข้าว พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันส่งผลยับยั้งการฟักตัวของไรโซปลา 0, 12.5, 22.1, 30.1, 34.9, 37.1, 55.9, 57.7, 63.8 เปอร์เซ็นต์

2.1.5 ไพล

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.

วงศ์: Zingiberaceae

ชื่อสามัญ: phlai, cassumunar

ชื่อท้องถิ่น: ปูลอย ปูเลย (ภาคเหนือ) ปูขมิ้น มั่นสะล่าง (ไทยใหญ่-แม่ฮ่องสอน) ว่านไฟ (ภาคกลาง) ว่านปอบ (ภาคอีสาน)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไพลเป็นพืชวงศ์ขิงที่มีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนและเขตอบอุ่นของโลก ศูนย์กลางการแพร่กระจายพันธุ์มีมากที่สุดในเขตร้อนชื้นของทวีปเอเชีย โคนเฉพาะพบในเขตอบอุ่นและ เขตร้อนชื้นของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยพบในทุกภูมิภาคตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับความสูง 2000 เมตร มี 20 สกุล 200 ชนิด (บุญนาท หมื่นอาจาสา, 2553)

ไพลเป็นพืชล้มลุกจำพวกเหง้าใต้ดิน เหง้าเดี่ยวในฤดูแล้งและงอกงามในฤดูฝน ใบเดี่ยวรูป หอกเรียวยาว ผิวและขอบเรียบ กาบใบหุ้มลำต้นสูง 2-4 ฟุต สีเขียวเข้ม โคนกาบสีแดง เนื้อในเหง้าสีเหลืองอ่อน (ภาพประกอบ 2.5) กลิ่นหอมฉุน ดอกช่อทรงพุ่มกลมเรียวยาวตั้งตรง กาบหุ้มสีน้ำตาลเข้มแดงขอบเขียว กลีบดอกทยอยบานออกมาบางๆ สีขาวหรือสีเหลือง ผลเป็นผลแห้งรูปทรงกลม (เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ, 2549)



ภาพประกอบ 2.5 ลักษณะของเหง้าไพล

สาระสำคัญที่พบในไพล

องค์ประกอบทางเคมีไพลมีองค์ประกอบเคมีเป็นน้ำมันระเหยง่ายไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.87 โดยองค์ประกอบเคมีของน้ำมันระเหยง่ายอาจแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มา แต่โดยทั่วไปมักมีสารกลุ่มมอโนเทอร์พีน (monoterpene) เป็นหลัก เช่น แอลฟา-ไพนีน (α -pinene), ซาบินีน (sabinene), แอลฟา-เทอร์พีนีน α -terpinene), แกมมา-เทอร์พีนีน (γ -terpinene), เทอร์พีน- 4-ออล

(terpenen-4-ol) นอกจากนั้นไพลยังมี สารสีเหลืองเคอร์คูมิน (curcumin) ได้แก่ cassumunin A-C, curcumin , อนุพันธ์แนฟโทควิโนน (naphthoquinone derivatives), อนุพันธ์บิวทานอยด์ (butanoid derivatives) หลายชนิด ที่สำคัญได้แก่ cassumunarins (อี)-4-(3,4-ดีเมทอกซีเฟนิล) บิว-3-อิน-1-ออล [(E)-4-(3,4-dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol หรือสารดี (D)], (อี)-1-(3,4-ดีเมทิลเฟนิล) บิวทาไดอิน [(E)-1-(3,4-dimethylphenyl) butadiene หรือ สารดีเอ็มพีบีดี (DMPBD)], อนุพันธ์ไซโคลเฮกซีน (cyclohexene derivatives) เช่น ซีส-3-(3,4-ไดเมทอกซีเฟนิล) -4-[(อี)-3,4-ไดเมทอกซีสไตริล] ไซโคลเฮก -1- อิน [cis-3-(3,4-dimethoxyphenyl)-4-[(E)-3, 4-dimethoxystyryl]cyclohex-1-ene] (ต้นร่างอ้างอิงสมุนไพรรไทย, 2555)

ประโยชน์และการใช้ประโยชน์

มีฤทธิ์ขยายหลอดเลือด มีการทดลองในผู้ป่วยเด็กที่เป็นหิด พบว่าให้ผลดีทั้งในรายที่มีอาการหอบหืดแบบเฉียบพลัน มีฤทธิ์กดหัวใจ ด้านเชื้อรา ด้านเชื้อแบคทีเรีย ลดการอักเสบ แก้ปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ กระตุ้นการผลิตน้ำดี ไล่แมลง ข่าแมลง ต้านออกซิเดชัน ต้านฮิสตามีน เป็นยาชาเฉพาะที่ ฆ่าอสุจิ แก้หิด ยับยั้งหัวใจเต้นผิดปกติ กดการทำงานของหัวใจ ลดอัตราการเต้นของหัวใจ ลดความแรงในการเต้นของหัวใจ คลายกล้ามเนื้อมดลูก ลดการหดเกร็งของลำไส้ คลายกล้ามเนื้อเรียบ ลดความดันโลหิต

อัญญา ประศาสนวิทย์ และคณะ (2551) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถไล่ยุงลายตัวเต็มวัย (*Aedes aegypti*) และไรอ่อน *Leptotrombidium imphalum* ได้ 88 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Aryani and Auamcharoen (2016) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากไพล (*Z. montanum*) ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ตัว ได้แก่ methanol, methylene chloride และ hexane ในการไล่ตัวงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* (Motschlusky)) พบว่าในช่วงเวลาที่ 6 7 8 สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 1,415 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการไล่สูงที่สุดโดยมีประสิทธิภาพมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วย methylene chloride มีประสิทธิภาพในการไล่มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากไพลที่สกัดด้วย methanol มีประสิทธิภาพในการไล่ต่ำที่สุดคือน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

2.2 ไร่ไข่ปลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack)

2.2.1 ลักษณะโดยทั่วไป

ไร่ไข่ปลาเป็นศัตรูเห็ดที่มีขนาดเล็กมาก ตามสภาพธรรมชาติมักจะเห็นเป็นจุดเล็กๆ สีขาว ใสอยู่กระจายอยู่ในถุงก้อนเห็ด มีวงจรชีวิต (ไข่-ตัวเต็มวัย) เพียง 4-5 วันเท่านั้น โดยทั่วไปจะพบตัวเมียมากกว่าตัวผู้ถึง 4 เท่า มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่จำเป็นต้องผสมพันธุ์กับตัวผู้อีกด้วย จึงทำให้เราสามารถเกิดระบาดทำลายอย่างรวดเร็วและรุนแรงจนเกิดความเสียหาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เส้นใยเห็ดกำลังแผ่ออกไป หากมีพวกไรดังกล่าวระบาดก็จะทำให้เส้นใยขาดออกจากกัน และไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ เนื่องจากไรพวกนี้ชอบทำลายกัดกินส่วนของเส้นใยเห็ด (สุพจน์ แวงภูลา, 2549)

2.2.2 การเจริญเติบโตของไรโซปลา

ระยะการเจริญของไรโซปลาแบ่งออกเป็น 2 ระยะได้แก่

1. ระยะไข่

ในระยะไข่ของไรโซปลาจะมีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนอยู่ภายในลำตัวแม่ตลอดเวลา และลูกที่ออกมาจะเป็นตัวเต็มวัย โดยไข่ส่วนมากจะฟักออกมาตั้งแต่อยู่ภายในลำตัวของไรตัวแม่ และมีบางครั้งที่ไข่บางส่วนฟักออกเป็นตัวภายหลังที่ลำตัวของแม่แตกออกแล้ว ระยะการเจริญของไรโซปลาภายใต้เปลือกไข่สามารถแบ่งออกเป็น 5 ระยะ (สรวยสม จิตรัตน์, 2524) ดังนี้

ระยะที่ 1 มีสีขาวปนเทา ลักษณะเป็นรูปไข่ยาวรี บริเวณตรงกลางจะขุ่นมากกว่าบริเวณขอบที่ติดกับเปลือกไข่ ขนาดความกว้างของไข่โดยเฉลี่ย 106 ไมครอน ยาวเฉลี่ย 145 ไมครอน

ระยะที่ 2 ไข่ในระยะนี้มีสีขุ่นเข้มมากขึ้น และเนื้อไข่ภายในเปลือกไม่แบ่งแยกออกเป็น 2 ส่วน เช่นเดียวกับไข่ในระยะที่ 1 แต่จะเป็นสีเดียวกันหมด ขนาดความกว้างของไข่โดยเฉลี่ย 101 ไมครอน ยาวเฉลี่ย 140 ไมครอน

ระยะที่ 3 ไข่ระยะนี้เริ่มสร้างรยางค์เป็นตุ่ม ซึ่งต่อมาจะพัฒนาเป็นขา

ระยะที่ 4 ตัวอ่อนภายในมีรยางค์ยื่นยาวออกมา แต่ยังไม่มีการงอกขึ้นตามรยางค์ รยางค์ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นป้อมสั้น สามารถมองเห็นส่วนปาก (gnathosoma) ได้อีกด้วย ขนาดความกว้างของไข่โดยเฉลี่ย 106 ไมครอน ยาวเฉลี่ย 141 ไมครอน

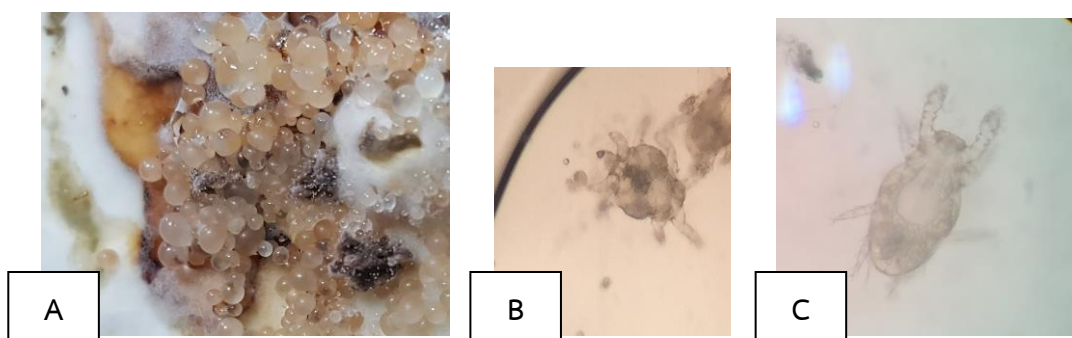
ระยะที่ 5 ตัวอ่อนภายในเจริญขึ้นมากและเปลี่ยนแปลงรูปร่างมองเห็นส่วนปากชัดเจน ส่วนของขาที่เคยป้อมสั้นเริ่มเรียวยาวและแหลมมากขึ้น อีกทั้งมีขน (setae) เกิดขึ้นตามขาและบริเวณลำตัวด้วย ไข่ในระยะนี้สามารถแยกเพศได้ ไข่ที่เจริญเป็นตัวผู้ส่วนปากจะยังไม่เจริญ แต่ตัวเมียจะสืบพันธุ์เจริญดีเห็นได้ชัดเจน (สรวยสม จิตรัตน์, 2524)

2. ระยะตัวเต็มวัย

เมื่อไรตัวเต็มวัยแตกออกจากตัวเปลือกไข่แล้ว จะมีการเคลื่อนไหวขาอยู่ภายในตัวของไรตัวแม่ และการเคลื่อนไหวขาของลูกไรอยู่ตลอดเวลาทำให้ไรที่อยู่ในเปลือกไข่เริ่มขยับตัว และแตกจากเปลือกไข่เป็นจำนวนมาก และมีการเคลื่อนไหวภายในตัวแม่ ซึ่งทำให้ผนังลำตัวของไรตัวแม่ได้รับความกระทบกระเทือน และแตกอกทำให้ลูกไรคลานออกมาส่วนของน้ำหล่อเลี้ยงไข่ก็จะระเหยไป (สรวยสม จิตรัตน์, 2524)

ไรโซปลาเพศเมีย ตัวเมียที่เริ่มออกจากตัวแม่นั้นจะมีสีเหลืองใส รูปร่างยาวรีเมื่อมองจากด้านบน ถ้ามองจากด้านข้างลำตัวจะแบนมีขา 4 คู่ ขาคู่แรกจะโตกว่าขาคู่อื่นๆ ส่วนของ apotele จะเป็น claw ขนาดใหญ่เพื่อการเกาะเกี่ยวและเคลื่อนไหว ส่วนขาคู่ที่ 2, 3 และ 4 นั้นจะมีขนาดใกล้เคียงกัน เวลาเดินจะใช้ขาคู่ที่ 2, 3 และ 4 ส่วนขาคู่แรกจะชี้ตรงไปข้างหน้าและสั้นอยู่ตลอดเวลา มีขนอยู่ทางด้านท้ายของลำตัว (caudal setae) ข้างละ 1 คู่ของส่วน (gnathosoma) จะงอพับอยู่ราบไปทางด้านท้อง ตัวเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว ส่วนท้ายของลำตัวป่องออกเล็กน้อย จากนั้นเดินหาอาหารเป็นเวลาประมาณ 1.3 วัน แล้วเกาะนิ่งกับที่นานประมาณ 1 วัน จากนั้นลำตัวจะค่อยๆ พองออกเรื่อยๆ มีลักษณะคล้ายหยดน้ำ หรือพองอากาศสีขาว (ภาพประกอบ 2.6) และเมื่อนำไปส่องกล้อง stereomicroscope สามารถมองเห็นเม็ดไข่เล็กๆ ภายในท้องแม่ได้ในเวลา 4.17 วัน ซึ่งสังเกตเห็นเม็ดไข่เล็กๆ นั้น ติดอยู่กับสายซึ่งต่อจากปากของไร พันอยู่ภายในท้องแม่มองดูคล้ายกับพวง

อ่อน เมื่อไรตัวแม่อายุมากขึ้น ส่วนของลำตัวจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น ขนาดของลำตัวโตเต็มที่เฉลี่ย 1.31 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์มีอายุเฉลี่ย 9.07 วัน และ 12.52 วัน ตามลำดับ (สรวยสม จิตรรัตน์, 2524)



A คือ ไข่ปลาเพศเมียระยะตั้งท้อง B คือ ไข่ปลาเพศผู้ C คือ ไข่ปลาเพศเมียระยะโตเต็มวัย

ภาพประกอบ 2.6 ลักษณะของไรไข่ปลา (*Luciphorus perniciosus* Rack)

ไรไข่ปลาเพศผู้ มีลักษณะแตกต่างจากเพศเมียอย่างเห็นได้ชัดเจน มีขนาดลำตัวเล็กกว่าตัวเมียเล็กน้อย รูปร่างคล้ายกับปลาตามองทางด้านข้างลำตัวแบน ลำตัวมีขนาดกว้างเฉลี่ย 73 ไมครอน ยาวเฉลี่ย 93 ไมครอน ผนังลำตัวมีสีเหลืองใส เคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ส่วนของปากไม่เจริญ แต่อวัยวะสืบพันธุ์เจริญดี ยื่นยาวออกมาอย่างเห็นได้ชัด ปลายขาคู่ที่ 1 ส่วนของ apotele จะแผ่บานออกเป็น sucker ซึ่งเอาไว้ย่นตัวเองให้ลอยหลังไปผสมพันธุ์กับตัวเมียได้สะดวก ส่วนขาคู่ที่ 2, 3 ปลาย apotele จะเป็นแฉก 3 แฉก คล้ายกับขาคู่ที่ 2, 3 และ 4 ของตัวเมีย ส่วนปลายขาคู่ที่ 4 apotele จะเป็นตะขอ (claw) อันเล็กๆ เอาไว้เกาะเกี่ยวกับตัวเมียเวลาผสมพันธุ์ อายุตัวเต็มวัยตัวผู้เฉลี่ย 7.03 วัน (สรวยสม จิตรรัตน์, 2524)

2.2.3 การทำลายของไรไข่ปลา

ไรไข่ปลาจะทำลายเส้นใยเห็ดที่เจริญอยู่ในถุงพลาสติกก่อนไปเปิดให้เห็ดออกดอก หรือทำลายโดยตรงที่ดอกเห็ดทำให้ดอกแคะแกร็น ในถุงที่ถูกไรชนิดนี้ทำลายจะพบเม็ดกลมเล็กๆ เหมือนไข่ปลากระจายทั่วไปในถุงเห็ด อาการเห็ดไรไข่ปลาที่เห็นนั้นเป็นส่วนท้องของไรตัวเมียที่ขยาย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร โดยมีไข่และตัวอ่อนเจริญอยู่ภายในท้อง หากพบการระบาดอย่างรุนแรงแล้วก็จะเห็นซากของตัวเต็มวัยที่ตายแล้วด้วยตาเปล่า หรือเห็นคราบที่ถมอยู่บริเวณปากถุงเห็ด และชั้นที่วางถุงเห็ดอย่างหนาแน่นเห็นเป็นผงฝุ่นสีน้ำตาลอ่อนคล้ายๆ ขี้เลื่อยละเอียด (สุพจน์ แวงภูลา, 2549)

2.2.4 การแพร่กระจายหรือระบาดของไรไข่ปลา

การระบาดของไรไข่ปลาจากถุงเห็ดหนึ่งไปอีกถุงเห็ดหนึ่งนั้น เป็นไปได้โดยที่ไรไข่ปลาติดไปกับถุงเห็ด และตัวไรสามารถเข้าไปในถุงเห็ดที่วางใกล้เคียง โดยตัวไรเดินผ่านเข้าทางจุลสำลี เมื่อเข้าไปในถุงเห็ดก็จะกัดกินเส้นใยสีขาวของเห็ดจนขาวซึ่งเจริญอยู่ภายใน โดยเริ่มจากบริเวณตรงคอขวดลงมาเรื่อย ถ้าถุงเห็ดถูกไรทำลายมาก เมื่อนำถุงไปเปิดปากถุงให้เห็ดออกดอกก็จะมีดอกน้อยหรือไม่มีดอกเห็ด

และดอกเห็ดที่ออกมาจะถูกโรยชนิดนี้ทำลายที่ดอกอีก ทำให้ดอกแคะแกรนมีขนาดเล็กกว่าปกติ ถ้านำดอกเห็ดที่ถูกรอยชนิดนี้ทำลายไปจำหน่าย ก็อาจจะเป็นที่รังเกียจแก่คนซื้อด้วย เพราะเห็นเม็ดไขปลากระจายอยู่ตามดอกเห็ด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการป้องกันกำจัดไม่ให้ไขปลาเข้าทำลายเสียหายแก่เห็ด (สุพจน์ แวงภูลา, 2549)

2.2.5 การควบคุมไรทางการเกษตร

ในการป้องกันกำจัดไรศัตรูพืชมีหลายวิธี เช่น การใช้สารเคมี ใช้ศัตรูธรรมชาติ การใช้พืชต้านทาน เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรนิยมใช้สารเคมีในการควบคุมไรศัตรูพืชเนื่องจากให้ผลเร็วและรักษาผลผลิตเอาไว้ได้ทันเวลา แต่ปัญหาจากการใช้สารเคมีในการควบคุมไรศัตรูพืช คือ ไรสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีได้เช่นเดียวกับแมลงจึงต้องใช้อย่างระมัดระวัง นอกจากนั้นแล้วการใช้สารเคมีในการควบคุมไรศัตรูพืชบ่อยครั้งยังทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมรวมทั้งส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคอีกด้วย สารเคมีที่ใช้ในการควบคุมไรศัตรูพืชมีหลายชนิด เช่น การใช้สารอินทรีย์ในการกำจัดไร สารอินทรีย์ตัวแรกที่นำมาใช้กำจัดไรศัตรูพืช ได้แก่ กำมะถัน ในปัจจุบันนี้ก็ยังเป็นที่นิยมอยู่มากเพราะสามารถกำจัดไรได้หลายชนิด ข้อดีของกำมะถัน คือ มีราคาถูก ไม่มีพิษภัยต่อผู้ใช้ กำมะถันไม่ทำลายตัวห้ำตัวเบียน ไอระเหยจากผงกำมะถันสามารถแทรกซึมเข้าไปทำลายไรที่หลบซ่อนอยู่ตามกลีบและตาดอกได้ ในการฉีดพ่นกำมะถันควรฉีดพ่นในเวลาบ่ายหรือเย็นเพราะพืชหลายชนิดอาจเกิดใบไหม้ถ้าฉีดพ่นกำมะถันในช่วงกลางวันซึ่งอากาศร้อนจัด แต่ถ้าฉีดพ่นกำมะถันในช่วงที่อากาศเย็นมากๆ จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไรศัตรูพืชลดลงมาก นอกจากใช้กำมะถันแล้ว สารอินทรีย์ที่นิยมใช้อีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งน้ำมันปิโตรเลียมสามารถทำลายไขของไรแมงมุมได้หลายชนิด ข้อดีของการใช้น้ำมันปิโตรเลียม คือ ไรไม่สามารถสร้างความต้านทานต่อน้ำมันปิโตรเลียมได้ ดังนั้นการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในการควบคุมไรศัตรูพืชจึงเป็นที่นิยมของเกษตรกรในหลายประเทศ (อังศุมลย์ จันทราปัดย์, 2550)

2.3 การสกัดสารและตัวทำละลายที่สำคัญ

การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการสกัดเบื้องต้นไม่ว่าจะสกัดด้วยวิธีการใดหรือใช้ตัวทำละลายใด ก็จะต้องประกอบเป็นของผสมหรือสารสกัดอย่างหยาบ (crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent) สารสกัดหยาบนี้ประกอบด้วยสารเคมีหลากหลายชนิด ซึ่งมีทั้งสารสำคัญ (active constituents) ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacologically active constituents) และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ ซึ่งเรียกว่า สารเฉื่อย (inert substances) ที่ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacologically inactive constituents) ซึ่งชนิดและปริมาณขององค์ประกอบในสารสกัดนี้ขึ้นอยู่กับสมุนไพร ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและสถานะที่ใช้ในการสกัด (เชิดศักดิ์ มณีรัตนรุ่งโรจน์, 2558)

โดยตัวอย่างของตัวทำละลายที่นิยมใช้การเตรียมสารสกัดได้แก่ น้ำ (water), แอลกอฮอล์ (alcohol), อะซีโตน (acetone) และ เฮกเซน (hexane)

2.3.1 น้ำ (water)

น้ำจัดเป็นตัวทำละลายที่ดี หาง่ายและราคาถูก แต่การใช้น้ำอย่างเดียวเป็นตัวทำละลายในการสกัด มีข้อเสียหลายประการ คือ สามารถละลายองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกมาได้มาก

เช่นเดียวกับสารสำคัญที่ต้องการ สารเฉื่อยที่ละลายออกมากับน้ำ เช่น น้ำตาล แป้ง ล้วนแล้วแต่เป็นอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดการบูดเสียของสารสกัดเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ น้ำยังระเหยได้ที่อุณหภูมิสูง ถ้าต้องการทำให้สารสกัดในน้ำเข้มข้นจะต้องใช้อุณหภูมิสูงในการระเหยไล่ไอน้ำออกไป ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายกับสารสำคัญ ดังนั้นจึงไม่ค่อยนิยมใช้น้ำเดี่ยวๆ เป็นตัวสกัดสาร แต่ใช้ร่วมกับตัวทำละลายอื่นๆ เช่น แอลกอฮอล์หรือกรด

2.3.2 เอทานอล (ethanol)

เอทานอลจัดเป็นตัวทำละลายที่ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ เอทานอลมีข้อดีกว่าน้ำคือ มีความจำเพาะในการละลายมากกว่าน้ำ เนื่องจากสามารถละลายองค์ประกอบที่ต้องการออกมาได้มากกว่า มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และหากต้องการให้สารสกัดเข้มข้นขึ้นจะระเหยได้ง่าย แต่จะมีราคาแพงกว่าน้ำ

2.3.3 อะซีโตน (acetone)

อะซีโตนของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยเป็นไอได้ดี มีกลิ่นคล้ายมินท์ เป็นสารตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่ไม่มีกลุ่มฮาโลจีเนตเด็ด ใช้มากในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมสำหรับใช้เป็นตัวทำละลายสารต่างๆ สามารถผลิตและสกัดได้จากธรรมชาติ และการสังเคราะห์ทางเคมีจากปิโตรเลียม ทั้งยังไม่กัดผิวหนังอีกด้วย

2.3.4 เฮกเซน (hexane)

เฮกเซนเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้บ่อยในห้องปฏิบัติการและในอุตสาหกรรม เป็นของเหลวใส ไม่มีสี จุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย มีกลิ่นเฉพาะตัว อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันเบนซิน ใช้ผลิตรถการองเท้า ใช้ผสมสีหรือกาวในงานเฟอร์นิเจอร์ งานพ่นหรืองานทาสี ผลิตภัณฑ์เครื่องหนังและหนังเทียม สามารถใช้ในห้องปฏิบัติการสกัดน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนออกจากน้ำและดิน

วัตถุประสงค์หลักในการสกัดสารนั้นคือการแยกสารสำคัญออกจากสมุนไพรและทำให้ความเข้มข้นของสารสำคัญเพิ่มมากขึ้น และเป็นการลดขนาด (dose) ของการใช้สมุนไพรให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม (รัตน อินทรานุปรกรณ์, 2547)

2.4 วิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร

วิธีการสกัดสารจากสมุนไพร เป็นวิธีการที่ทำให้สมุนไพรเข้มข้นขึ้นและการควบคุมคุณภาพของสารสกัดจากสมุนไพรในขั้นตอนการสกัดสารจากพืชเป็นการดึงหรือชะส่วนที่สามารถละลายออกจากส่วนที่ไม่ละลาย โดยการใช้ตัวทำละลายในการสกัดที่เป็นของเหลววิธีการสกัดสารแบบดั้งเดิมเป็นวิธีการสกัดที่ง่ายแต่สิ้นเปลืองตัวทำละลายได้แก่ การหมัก (maceration) การแช่ (infusion) การชง (percolation) การต้ม (decoction) การสกัดร้อนโดยใช้เครื่อง soxhlet (soxhlet extraction) เป็นต้น (กลุ่มกัญญาวิทยาทางการแพทย์, 2546) นอกเหนือจากวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ยังมีอีกหลากหลายเทคนิคที่ทันสมัยได้แก่ การใช้คลื่นไมโครเวฟในการสกัด (maceration, MAE) การใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการสกัด (ultrasound-assisted solvent extraction, UAE) การใช้สารในสถานะที่มีอุณหภูมิและความดันเหนือจุดวิกฤต (supercritical fluid extraction, SFE) การสกัดด้วยของไหลความดันสูง (pressurized liquid extraction, PLE) (Azwanida, 2015) ซึ่งมีหลักการดังนี้

1. การหมัก (maceration) เป็นการหมักสมุนไพรกับตัวทำละลายจนเนื้อเยื่อของสมุนไพรอ่อนนุ่มและตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบภายในผงสมุนไพรออกมาได้ การหมักสมุนไพรควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทในตัวทำละลายที่เหมาะสม จะทำเป็นเวลานาน 7 วัน หรือจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมาหมด ในระหว่างที่หมักผงสมุนไพรอยู่นั้นควรเขย่าเป็นครั้งคราวเพื่อเพิ่มอัตราเร็วของการสกัด เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกรองแยกกาก (marc) ออกจากตัวทำละลาย วิธีการสกัดนี้เหมาะสมกับพืชสมุนไพรที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบดอกซึ่งทำให้อ่อนนุ่มได้ง่าย จัดเป็นวิธีที่ใช้ตัวทำละลายน้อยและเนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะกับการสกัดสารที่ไม่ทนต่อความร้อน แต่วิธีการสกัดนี้มักจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย เมื่อสารสมุนไพรละลายออกมาถึงระดับหนึ่งจะเกิดความสามารถขององค์ประกอบภายในสมุนไพรและตัวทำละลายที่ใช้ ทำให้อัตราเร็วของการสกัดชะงักลง จึงไม่เหมาะที่จะใช้สกัดในกรณีที่ต้องการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรจนสมบูรณ์ (อุดมเดชา พลเยี่ยม, 2556)

2. การแช่ (infusion) คือ การสกัดโดยแช่สมุนไพรด้วยน้ำร้อนหรือน้ำเย็นในช่วงเวลาสั้น สารสกัดที่ได้จะเป็นสารสกัดที่ละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิไม่สูงมาก (ปราวีณา ประดับพันธ์, 2553)

3. การชง (percolation) คือ ขบวนการสกัดองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพรโดยการปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายเอาส่วนที่เป็นองค์ประกอบของสมุนไพรออกมา วิธีนี้เป็นการสกัดให้สมบูรณ์โดยไม่ใช้ความร้อน แต่ก็มีข้อเสีย คือ เปลืองตัวทำละลายแรงงาน และเวลาที่ใช้สกัด (ปราวีณา ประดับพันธ์, 2553)

4. การต้ม (decoction) คือ สารสกัดสารที่ละลายได้ดีในน้ำและสามารถทนความร้อนได้ดี โดยการต้มสมุนไพรในน้ำจนเดือดแล้วต้มต่อไปอีกประมาณ 15 นาที (ปราวีณา ประดับพันธ์, 2553)

5. การสกัดร้อน (soxhlet extraction) คือ วิธีการที่ใช้ความร้อนในการสกัดและต้องอาศัยการควบแน่น ซึ่งเป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องสำเร็จซอกท์เลต (soxhlet extraction apparatus) โดยตัวทำละลายจะต้องมีจุดเดือดต่ำ เมื่อระเหยจะนำสารจากพืชสมุนไพรไปด้วย จากนั้นเมื่อถูกความเย็นก็จะกลั่นตัวลงใน thimble ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ โดยตัวทำละลายจะสกัดสมุนไพรช้าๆ เมื่อสารสกัดใน extracting chamber สูงขึ้นถึงระดับกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับไปใน ขวดรูปชมพู่ด้วยวิธีการกลักน้ำ ตัวทำละลายก็จะระเหยขึ้นแล้วกลั่นตัวกลับมาเป็นตัวทำละลายสกัดสารใหม่วนเวียนไปเช่นนี้จนการสกัดสมบูรณ์ โดยจะสังเกตได้จากสีของสารสกัดจาก thimble ที่ใสขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้จะใช้สกัดองค์ประกอบที่ทนความร้อน และเป็นวิธีที่ไม่สิ้นเปลืองตัวทำละลาย แต่มีข้อเสีย คือ ไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน และตัวทำละลายไม่ควรเป็นของผสมเพราะจะเกิดการแยกชั้นของตัวทำละลายแต่ละชนิดเนื่องจากมีจุดเดือดที่ต่างกัน ซึ่งจะมีผลทำให้สัดส่วนของตัวทำละลายแตกต่างกันไปจากเดิม (ปราวีณา ประดับพันธ์, 2553)

6. การสกัดสารด้วยไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction, MAE) หลักการทำงานโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับตัวทำละลายในการสกัด เมื่อวัตถุดิบวางตัวอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วนั้นด้วยสมบัติความเป็นขั้วของโมเลกุลภายในวัตถุดิบเองที่ต้านการเคลื่อนที่ทำให้เกิดความร้อนขึ้นซึ่งมีผลต่อเนื้อเยื่อของวัตถุและมีผลต่อการละลายของสารที่ต้องการและด้วยสมบัติของตัวทำละลายที่แตกต่างกันทำให้มีพฤติกรรมที่แตกต่างกันไปเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสะท้อน การส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น ปัจจัยที่ผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด ได้แก่ เวลา อุณหภูมิ กำลังของคลื่นไมโครเวฟ คุณสมบัติวัตถุดิบ องค์ประกอบ

ที่เป็นความชื้น ความคงตัวของวัตถุดิบ สมบัติของตัวทำละลาย และสมบัติสารที่ต้องการสกัด (ดวงกมล เรือนงาม, 2557)

7. การสกัดสารด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction, UAE) เป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตราโซนิก (ultrasonic) ร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดสาร โดยคลื่นเสียงความถี่สูงจะมีความถี่ตั้งแต่ 20 kHz ถึง 2000 kHz เครื่องมือชนิดนี้จะปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงออกมาในตัวทำละลาย กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดฟองก๊าซซึ่งเกิดการหดตัวและขยายตัวเป็นวัฏจักร เมื่อฟองก๊าซขยายตัวจะดึงสารที่อยู่ภายในวัสดุออกมาละลายในตัวทำละลายและในขณะที่ฟองก๊าซแตกออกจะเกิดความดันและความร้อนอย่างมากในบริเวณนั้นซึ่งจะมีผลทำให้เนื้อเยื่อของวัสดุฉีกขาด ด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารที่ต้องการสกัดละลายในตัวทำละลายได้ดีขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยหลายประการได้แก่ ความถี่ของคลื่นเสียงที่ใช้ ถ้าใช้ความถี่สูงจะใช้เวลาสั้นในการสกัด สมบัติที่แตกต่างกันของตัวทำละลาย เป็นต้น (ดวงกมล เรือนงาม, 2557)



ภาพประกอบ 2.7 ลักษณะของเครื่อง ultrasound-assisted solvent extraction

ประโยชน์หลักๆของวิธี UAE ส่วนใหญ่เป็นการลดเวลาในการสกัด และใช้ตัวทำละลายน้อย อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานอัลตราซาวด์มากกว่า 20 เวิร์ตซ์อาจมีผลกระทบต่อ phytochemicals ที่ใช้ในงานด้านอนุมูลอิสระ (ดวงกมล เรือนงาม, 2557)

หลักการทํางาน (เชิดศักดิ์ มณีรัตนรุ่งโรจน์, 2558)

1. คลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เกิดและสลายฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากอย่างรวดเร็วเรียกกระบวนการนี้ว่า cavitation ฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีขนาดแตกต่างกันมีทั้งชนิดที่เกิดขึ้นแล้วแตกทันที (temporary bubble) และชนิดที่เป็นฟองอยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงแตก (stable bubble) การแตกของฟองอากาศจะเกิดแรงดันต่อผิวภาชนะที่สัมผัสทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากผิวภาชนะ ปรากฏการณ์ดังกล่าวแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะคือ

ระยะเริ่มต้น (initial phase) หรือ bubble phase เป็นระยะสร้างฟองอากาศขนาดใหญ่และขนาดเล็กซึ่งเกิดจากคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เกิดความดัน 2 ทิศทาง (dielectric pressure) ที่ตรงกันข้ามทำให้เกิดฟองสุญญากาศ (vacuum bubble) เนื่องจากมีนิวเคลียสซึ่งอาจเป็นไอน้ำที่เกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของน้ำถูกทำลายหรือเป็นแก๊สที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือเป็นอนุภาคขนาดเล็ก (5×10^{-5} - 10^3 เซนติเมตร) อยู่ในตัวกลาง

ระยะทำลายฟองขนาดใหญ่ (catastrophic phase) โดยคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กไม่กี่ไมครอนจนถึงหลายร้อยไมครอนจำนวนนับล้านฟอง

ระยะสุดท้าย (final phase) เป็นระยะสร้างความดันสูงเกิดขึ้นเนื่องจากฟองอากาศเนื่องจากในปัจจุบันเครื่องล้างอัลตราโซนิกถูกนำมาใช้ในหัตถการอย่างแพร่หลายเพราะยุบตัวแตกออก (collapse) แล้วเกิดแรงดันของของเหลว (hydrostatic pressure) พุ่งออกมาจากฟองอากาศแต่ละฟองที่เรียกว่า เซนทรัลเจต (central jet) ซึ่งมีความดันสูงถึง 1,800 atm ดังนั้นถ้าใช้ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์จะมีแรงดันกระทำต่อผิวภาชนะและสิ่งสกปรกในความเร็วถึง 40,000 ครั้งต่อวินาทีและถ้าวัตถุอุณหภูมิภายในฟองอากาศแต่ละฟองพบว่ามีอุณหภูมิสูงถึง 2,000-5,000 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามจำนวนฟองอากาศและแรงระเบิดของฟองอากาศซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับความถี่และความแรงของคลื่นเสียงอัลตราโซนิกแล้วยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวกลาง กล่าวคือถ้าอุณหภูมิสูงกว่าจำนวนฟองอากาศจะเกิดมากแต่แรงดันของของเหลวจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความดันและปริมาณแก๊สในตัวกลางซึ่งถ้ามีมากจะทำให้เกิดฟองอากาศได้น้อยลง

2. ความเร่งของของเหลว (acceleration of cleaning fluid) ผลดังกล่าวเกิดจากคลื่นเสียงอัลตราโซนิกและแรงดูดตามรูเล็ก (capillary suction) ทำให้ของเหลวซึ่งเป็นตัวกลางเกิดความเร่งกระทำต่อผิวภาชนะและสิ่งสกปรก

3. ผลจากความร้อน (thermal effect) ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวกลางจะทำให้สิ่งสกปรกซึ่งส่วนใหญ่ละลายได้มากขึ้น

จากการประยุกต์ใช้อัลตราโซนิกในการสกัดพืช (สด) จำเป็นต้องทราบว่าเพราะเหตุใด อัลตราโซนิกจึงช่วยในการสกัดสารสำคัญได้ เนื่องจากเนื้อเยื่อของพืชที่ประกอบเป็นเซลล์นั้นมีผนังเซลล์อยู่ชั้นนอกสุดซึ่งจะเป็นตัวต้านทานการสกัดได้ ซึ่งการสกัดจะประกอบด้วยสองขั้นตอนคือ กระบวนการแพร่ผ่านผนังเซลล์ของตัวทำละลายและการชะสารสำคัญออกจากเซลล์เมื่อผนังเซลล์ถูกทำลายลง ส่วนการสกัดพืชแห้งจะเพิ่มอีกหนึ่งกระบวนการ คือ กระบวนการดูดน้ำกลับ (hydration and swelling) เพราะอัลตราโซนิกทำให้ swelling index สูงขึ้นดีกว่าการใช้การกวนทางกลธรรมดา และอัลตราโซนิกจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดดังกล่าวได้โดยการเกิดปรากฏการณ์ cavitation เนื่องมาจากคลื่นนั้นจะประกอบด้วยช่วงอัดและช่วงขยาย ในช่วงขยายเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลายจะทำให้เกิดฟอง (bubble) ของตัวทำละลายขนาดเล็กจำนวนมาก จากนั้นเมื่อฟองได้รับแรงจากคลื่นในช่วงอัดจะทำให้ฟองนั้นแตกออกและเกิด microjet ที่มีความแรงมาก จนสามารถเจาะทำลายผนังเซลล์ของพืชได้ เมื่อผนังเซลล์ของพืชแตกออกจะทำให้เพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การทำให้ขนาดของตัวอย่างเล็กลงก่อนจะเพิ่มการสัมผัสกับตัวทำละลายและ cavitation ได้ง่ายขึ้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bussaman *et al.* (2012) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 23 ชนิดต่อการควบคุมไรโซปลา (*L. perniciosus*) โดยวิธีการกิน พบว่าสารสกัดจากवानชัมดลูกและไพลเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) มีประสิทธิภาพในการทำลายไรโซปลา 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขมิ้นชันและกะทือมีประสิทธิภาพในการทำลายไรโซปลา 98.89 และ 97.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Pumnuan *et al.* (2009) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ กานพลู (*Syzygium aromaticum*), ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*), ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*) และขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) ที่สกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) ต่อการควบคุมไรโซปลาเพศเมียที่ท้องประมาณ 2-3 วัน (*L. perniciosus*) ด้วยวิธีการรมควัน โดยการนำกระดาหรงจุ่มในน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 0, 0.125, 0.25, 1.25, 2.5, 12.5, 25, 50 และ 75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้ 2 เปอร์เซ็นต์ ของ tween-20 เป็นสารช่วยในการผสม พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้และตะไคร้หอม ส่งผลต่อการยับยั้งการฟักตัวของไรโซปลาได้สูงที่สุด 97.3 และ 95.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันและกานพลูให้ประสิทธิภาพลดลงมาคือ 63.8 และ 39.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Dewi Sartika Aryani and Wanida Auamcharoen (2016) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากไพล (*Z. montanum*) ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ตัว ได้แก่ methanol, methylene chloride และ hexane ในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)) พบว่าในชั่วโมงที่ 6 7 8 สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 1,415 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการไล่สูงที่สุดโดยมีประสิทธิภาพมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารสกัดจากไพลที่สกัดด้วย methylene chloride มีประสิทธิภาพในการไล่มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากไพลที่สกัดด้วย methanol มีประสิทธิภาพในการไล่ต่ำที่สุดคือน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

Ahmad *et al.* (2013) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิง (*Z. officinale*) เทียนดำ (*Nigella sativa*) และกระเทียม (*Allium sativum*) ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) โดยใช้ตัวทำละลาย acetone ต่อการทำลายตัวอ่อนของด้วงหนังสือ (*Trogoderma granarium* (E.)) พบว่าสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการตายของตัวอ่อนด้วงหนังสือสูงที่สุดถึงโดยมีอัตราการตาย 13.01, 15.44, 16.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกรินทร์ ภัทรธนวิดี (2550) ได้ศึกษาการสกัดเครื่องเทศของไทย ได้แก่ ขิง ข่า กระชาย และขมิ้นชัน ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับวิธีเขย่าเปรียบเทียบกับวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร ด้วยวิธี agar dilution พบว่าสารสกัดที่ได้จากทั้ง 2 วิธีให้ค่า MIC (minimum inhibitory concentration) ใกล้เคียงกัน แต่วิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงใช้ระยะเวลาการสกัดที่สั้นกว่า ดังนั้นวิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจึงมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ได้ดีกว่าวิธีการเขย่า

Thongson *et al.* (2005) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสกัดแบบเขย่าและใช้สกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงกับเครื่องเทศไทย ได้แก่ ขิง กระชาย และขมิ้นชัน ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน ไอโซโพรพานอล และสารละลายผสมระหว่างเฮกเซนกับไอโซโพรพานอลในอัตราส่วน 3:7 พบว่าการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงที่ 20 kHz (มีพลังงานเสียงที่ใช้เท่ากับ 6.8 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร) ที่ใช้ระยะเวลา

การสกัด 5 นาที ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Salmonella* spp. ไม่แตกต่างกับการสกัดแบบเขย่าที่ใช้เวลาสกัด 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

สิ่งมีชีวิตที่ใช้ในงานวิจัย

ไรโซปลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack)

พืชวงศ์ขิงที่นำมาสกัด (ส่วนเหง้า)

- 1) ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe.)
- 2) ข่า (*Alpinia galanga* (Linn.) Swartz.)
- 3) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.)
- 4) กระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker.)
- 5) ไพล (*Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1) เครื่องหม้อนึ่งไอน้ำฆ่าเชื้อ (autoclave) ของบริษัท Hirayama manufacturing corporation
 - 2) ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
 - 3) เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ของบริษัท Buchi, Rotarapor R-3. Switzerland
 - 4) เครื่องกรอง (buchner funnel and whatman No. 4)
 - 5) เครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonic processor) ของบริษัท SONICS Vibra cell, VCX 750, USA.
 - 6) ตู้บ่ม (incubator) ของบริษัท Memmert GmbH Co, Germany
 - 7) ไมโครปิเปต (micropipette) ของบริษัท Biohit, France
 - 8) ตู้เขี่ยเชื้อ (laminar flow) ของบริษัท Ehret, Italy
 - 9) กล้องจุลทรรศน์ (microscope) ของบริษัท Olympus, Japan
 - 10) กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) ของบริษัท Nikon, japan
- สารเคมี
- 1) ตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (80 % ethanol) ของบริษัท QRèC เกรด AR, New Zealand
 - 2) สารฆ่าไร OMITE-20 โพรพาร์ไกต์ ของบริษัท โซตัส อินเตอร์เนชันแนล จำกัด
 - 3) น้ำกลั่นปลอดเชื้อ (distilled water)
 - 4) ตัวทำละลายเฮกเซน (hexane) ของบริษัท QRèC เกรด AR, New Zealand
 - 5) ตัวทำละลายอะซิโตน (acetone) ของบริษัท QRèC เกรด AR, New Zealand
 - 6) อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar ของบริษัท Himedia India

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การเตรียมเส้นใยเห็ดขอนขาวสำหรับเลี้ยงไรโซปลา ตามวิธีการของ Bussaman *et al.* (2012) ดังนี้

3.2.1.1 เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ในจานเพาะเชื้อ โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะอาหาร PDA ที่มีเส้นใยเจริญอยู่เต็ม และไปวางคว่ำในจานเพาะเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่มีอาหาร PDA แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันหรือจนกว่าเส้นใยเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงดังแสดงในภาพประกอบ 3.1 เพื่อใช้เป็นอาหารของไรโซปลาในการทดสอบ



ภาพประกอบ 3.1 ลักษณะการเจริญของเส้นใยเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus*) บนอาหาร PDA นาน 5 วัน

3.2.1.2 นำส่วนผสมของวัสดุเพาะเห็ดขอนขาวมาใส่ในขวดอาหารฝากลีวให้มีปริมาณ 2 ใน 3 ของขวด นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นเชื้อเส้นใยเห็ดขอนขาวลงไป บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ เพื่อใช้เป็นอาหารในการเพิ่มจำนวนไรโซปลาดังภาพประกอบ 3.2



ภาพประกอบ 3.2 ลักษณะการเจริญของเส้นใยเห็ดขอนขาว (*L. squarrosulus*) บนส่วนผสมของวัสดุเพาะ นาน 1 สัปดาห์

3.2.2 การเตรียมไรโซปลา (*L. perniciosus*)

นำไรโซปลาที่ได้รับจากหน่วยวิจัยการควบคุมโดยชีววิธี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใส่ลงในขวดแก้วที่มีเส้นใยเห็ดของชาวเจริญอยู่เต็ม (จากข้อที่ 3.2.1.2) จากนั้นนำขวดไรโซปลาไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บเป็น stock

3.2.3 การเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิง

ในการศึกษาครั้งนี้พืชที่ใช้ในการทดลองคือเหง้าของ ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และโพลมาล่างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ผึ่งลมให้แห้งแล้วนำไปหั่นเป็นแนวขวางให้บาง จากนั้นนำไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันหรือจนกว่าพืชจะแห้งกรอบ และนำพืชที่อบแห้งแล้วมาบดให้เป็นผงโดยใช้ชุดเครื่องบดละเอียดขนาดตะแกรงกรอง 0.5 มิลลิเมตร เมื่อได้ผงพืชวงศ์ขิงแล้วให้นำมาสกัดด้วยวิธีการหมักและการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

3.2.3.1 การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงโดยใช้วิธีการหมัก (maceration) ดัดแปลงจากวิธีการของ Bussaman *et al.* (2012)

นำผงสมุนไพรที่เตรียมไว้มาชั่งตัวอย่าง 100 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลาย (เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เฮกเซน และ อะซิโตน) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างพืช จากนั้นหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน นำไปกรองเอากากออกโดยใช้ผ้าขาวบาง และกรองซ้ำอีกครั้งด้วยเครื่องกรอง (buchner funnel and whatman No. 4) นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ให้เหลือสารสำคัญ แล้วนำไประเหยความชื้นออกด้วยเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้ง จากนั้นเก็บสารสกัดหยาบไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เพื่อบรรจุไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.3.2 การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted extraction, UAE) ดัดแปลงจากวิธีของเอกรินทร์ ภัทรธนวดี (2550)

นำผงสมุนไพรที่เตรียมไว้มาชั่งตัวอย่าง 100 กรัม ใส่ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 600 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลาย (เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เฮกเซน และ อะซิโตน) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างพืช จากนั้นนำตัวอย่างพืชวงศ์ขิงไปสกัดด้วยเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง (SONICS Vibra cell, VCX 750, USA.) ที่ความถี่ 23 kHz ความเข้ม 20 แอมพลิจูด (amplitude) pulse เป็นเวลา 1, 3, 5 นาที โดยจุ่มโพรบลงไป 3 ส่วน 4 ของปริมาตรตัวอย่าง 300 มิลลิลิตร โดยที่สารละลายในบีกเกอร์ถูกแช่ในอ่างน้ำแข็ง (ภาพประกอบ 3.3) เพื่อป้องกันความร้อนสะสมระหว่างการสกัด นำไปกรองเอากากออกโดยใช้ผ้าขาวบาง และกรองซ้ำอีกครั้งด้วยเครื่องกรอง (buchner funnel ที่ใช้กระดาษกรอง whatman No. 4) นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ให้เหลือสารสำคัญ แล้วนำไประเหยความชื้นออกด้วยเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้ง จากนั้นเก็บสารสกัดหยาบไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เพื่อบรรจุไปใช้ในการทดลองต่อไป

สารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการหมักและการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ เฮกเซน อะซิโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่อยู่ในรูปสารสกัดหยาบจะถูกนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield of extraction) โดยคำนวณจากสูตรดังต่อไปนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักของสารสกัดที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งของสารสกัด (กรัม)}} \times 100 = \text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์ w/w)}$$

สารสกัดหยาบจะถูกนำมาปรับให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (w/v) โดยใช้สารละลาย DMSO แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในขวดแก้วสีชาเพื่อใช้เป็น stock ของสารสกัดจากพืช



ภาพประกอบ 3.3 การสกัดสมุนไพรโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง ด้วยเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction, UAE)

3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการยับยั้งไรโซปลา (*L. perniciosus* Rack.)

การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงต่อการทำลายไรโซปลาด้วยวิธีการกินดัดแปลงจากวิธีของ Bussaman *et al.* (2012)

โดยการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิดที่สกัดด้วยวิธีการหมักและสกัดโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง ได้แก่ ขิง ข่า ขมิ้นชัน กระชายดำ และไพล ต่อการทำลายไรโซปลา *L. perniciosus* โดยฉีดพ่นด้วยสารสกัดสมุนไพรปริมาตร 500 ไมโครลิตรที่มีความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 1.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ตามลำดับ ลงบนจานอาหาร PDA ที่มีเส้นใยเห็ดขอนขาวเจริญอยู่ จากนั้นนำไรตัวเมีย 30 ตัว ถ่ายลงในจานอาหาร โดยใช้ น้ำกลั่นปลอดเชื้อ (DW) ตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน เอทานอล และสารฆ่าไร (Omite) 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นชุดควบคุม แต่ละชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้น 85 เปอร์เซ็นต์ ในที่มีดสังเกตและบันทึกการตายของไรโซปลาหลังทำการทดสอบทุกวันจนครบ 5 วัน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางเดียว (One way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ (Duncan's multiple range test, DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติเชิงพรรณนา

สรุปข้อมูลจากการศึกษาเพื่อแสดงลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

X หมายถึง ค่าเฉลี่ย

% หมายถึง ร้อยละ

SD. หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการใช้สารสกัดหยาบจากชิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) และวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) และนำมาทดสอบการยับยั้งไรโซปลา

L. perniciosus Rack ด้วยวิธีการกิน ซึ่งผู้วิจัยมีวิธีนำเสนอข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบ

4.1.1 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration)

4.1.2 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction)

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการหมักต่อการยับยั้งไรโซปลา

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการยับยั้งไรโซปลา

4.1 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิง

4.1.1 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration)

จากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัดพืชวงศ์ขิง 5 ชนิดได้แก่ ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิดได้แก่ เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำสารสกัดหยาบที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผลพบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีปริมาณผลได้มากที่สุดในทุกตัวทำละลายเท่ากับ 4.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลได้ของพืชชนิดอื่น และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลได้จากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเรียงลำดับปริมาณผลได้ดังนี้ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ > อะซีโตน > เฮกเซน โดยปริมาณผลได้ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันอยู่ในช่วง (0.89 – 4.38 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากไพลและข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผลได้คือ 2.62 และ 2.56 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบจากกระชายดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน มีปริมาณผลได้น้อยที่สุด เท่ากับ 0.04 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลาย พบว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วสูง (เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์) จะมีเปอร์เซ็นต์ผลได้สูงกว่าการใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ (เฮกเซน)

ตาราง 4.1 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการหมัก (maceration)

พืชวงศ์ขิง	เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield)		
	Hexane	Acetone	80% Ethanol
ขิง	0.68	0.34	2.29
ข่า	0.43	0.77	2.56
กระชายดำ	0.04	1.16	2.09
ขมิ้นชัน	0.89	2.06	4.38
ไพล	0.44	1.45	2.62

4.1.2 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction)

จากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัดพืชวงศ์ขิง 5 ชนิด ได้แก่ ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน อะซีโตน และ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระยะเวลาการสกัด 1 3 และ 5 นาที เมื่อนำสารสกัดหยาบที่ได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล พบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณผลได้มากที่สุดในทุกระยะเวลาการสกัด โดยมีผลได้อยู่ในช่วง 10.14-11.41 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยอะซีโตน มีผลได้อยู่ในช่วง 7.40-8.40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงที่ให้ปริมาณผลได้น้อยที่สุดคือ สารสกัดหยาบจากกระชายดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนในทุกระยะเวลาการสกัด โดยมีปริมาณผลได้อยู่ในช่วง 0.84-0.89 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลได้จากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดพืชวงศ์ขิง จะเรียงลำดับตัวทำละลายที่ให้ปริมาณผลได้ของสารสกัดจาก มาก → น้อย ดังนี้ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ > อะซีโตน > เฮกเซน และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่ส่งผลต่อปริมาณผลได้ของสารสกัดพบว่า ปริมาณผลได้ของสารสกัดจะมากขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด

ตาราง 4.2 เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield) ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วย
ตัวทำละลายเฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการใช้ตัวทำละลาย
ร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction)

พืชวงศ์ขิง	เวลาในการ สกัด (นาที)	เปอร์เซ็นต์ผลได้จากการสกัด (% yield)		
		Hexane	Acetone	80% Ethanol
ขิง	1	1.07	3.29	4.85
	3	1.16	3.33	5.15
	5	1.25	3.50	5.42
ข่า	1	0.84	2.24	6.87
	3	0.87	3.79	7.00
	5	0.89	4.41	7.77
กระชายดำ	1	0.31	4.49	5.28
	3	0.32	4.55	5.51
	5	0.38	4.75	5.66
ขมิ้นชัน	1	1.41	7.40	10.14
	3	2.33	7.93	10.51
	5	3.03	8.40	11.41
ไพล	1	1.40	4.60	7.12
	3	1.45	4.69	7.20
	5	1.66	4.86	7.38

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) ต่อการยับยั้งไรโซปลา

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจาก ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล สกัด
ด้วยวิธีการหมัก (maceration) โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน อะซีโตน และเอทา
นอล 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อการยับยั้งไรโซปลาด้วยวิธีการกิน ทดสอบโดยฉีดพ่นสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง
ปริมาณ 500 ไมโครลิตร ที่ระดับความเข้มข้น 2,500 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ลงบนเส้นใย
เห็ดขอนขาวก่อนปล่อยไรโซปลาเพศเมียลงบนเส้นใยเห็ด สำหรับชุดควบคุมใช้น้ำกลั่นปลอดเชื้อ และ

สารฆ่าไร (Omite) ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ รายงานผลการทดลองเป็นเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลา ทุกวันจนครบ 5 วัน ดังนี้

ผลการทดลองจากตาราง 4.3 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาหลังจากได้รับสารสกัดจากพืชเป็นเวลา 1 วัน พบว่าสารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งไรไข่ปลา เมื่อเทียบกับสารสกัดหยาบจากพืชชนิดอื่นในทุกระดับความเข้มข้น โดยสารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยเฮกเซนที่ความเข้มข้น 15,000 ppm ส่งผลต่อการตายของไรไข่ปลาสูงที่สุดคือ 43.33 ± 3.33 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสารสกัดจากโพลขมิ้นชัน และกระชายดำที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาเท่ากับ 42.22 ± 1.92 , 42.22 ± 1.92 และ 38.89 ± 5.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดจากข่า และกระชายดำที่สกัดด้วยเฮกเซนส่งผลต่อการตายของไรไข่ปลาต่ำที่สุดคือ 23.33 ± 3.33 เปอร์เซ็นต์

หลังจากการทดสอบวันที่ 2 พบเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาเพิ่มสูงขึ้นในทุกชุดการทดสอบ ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm พบว่าสารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งไรไข่ปลาโดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาอยู่ที่ 47.78 ± 5.09 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.4) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับขมิ้นชัน และกระชายดำที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาเท่ากับ 45.56 ± 5.09 และ 42.22 ± 5.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดจากข่าที่สกัดด้วยเฮกเซน ส่งผลต่อการตายของไรไข่ปลาต่ำที่สุดคือ 26.67 ± 3.33 เปอร์เซ็นต์

หลังจากการทดสอบวันที่ 3 – 5 มีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาสูงขึ้นในวันที่ 3 และคงที่ในวันที่ 4 และ 5 และพบว่าสารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งไรไข่ปลา มีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาอยู่ที่ 31.11 – 53.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.5) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสารสกัดจากโพล และขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรไข่ปลาเท่ากับ 52.22 ± 1.92 และ 50 ± 3.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดจากข่าที่สกัดด้วยเฮกเซนส่งผลต่อการตายของไรไข่ปลาต่ำที่สุดคือ 30 ± 3.33 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.3 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดพืชวงศ์ขิงสกัดโดยวิธีการหมัก (maceration) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 1 วัน

พืชวงศ์ขิง	ตัวทำละลาย	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
		2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
ขิง	Hexane	5.56±1.92 ^{efD}	14.44±1.92 ^{fghC}	21.11±1.92 ^{fghB}	26.67±3.33 ^{cdefA}
	Acetone	5.56±1.92 ^{efC}	17.78±1.92 ^{defgB}	21.11±1.92 ^{fghB}	31.11±5.09 ^{cdA}
	80% Ethanol	8.89±1.92 ^{deC}	21.11±1.92 ^{deB}	23.33±3.33 ^{efghB}	31.11±1.92 ^{cdA}
ข่า	Hexane	3.33±3.33 ^{fgD}	8.89±1.92 ^{iC}	15.56±1.92 ^{iB}	23.33±3.33 ^{fA}
	Acetone	2.22±1.92 ^{fgD}	12.22±1.92 ^{hiC}	18.89±1.92 ^{hiB}	24.44±1.92 ^{efA}
	80% Ethanol	4.44±1.92 ^{fD}	12.22±1.92 ^{hiC}	21.11±1.92 ^{fghB}	25.56±1.92 ^{defA}
กระชายดำ	Hexane	5.56±1.92 ^{efC}	13.33±3.33 ^{ghiB}	20.00±3.33 ^{ghA}	23.33±3.33 ^{fA}
	Acetone	8.89±1.92 ^{deC}	18.89±3.85 ^{defB}	25.56±1.92 ^{efAB}	30.00±5.77 ^{cdeA}
	80% Ethanol	12.22±1.92 ^{cdC}	22.22±5.09 ^{cdB}	27.78±1.92 ^{deB}	38.89±5.09 ^{bA}
ขมิ้นชัน	Hexane	8.89±1.92 ^{deC}	14.44±1.92 ^{fghC}	22.22±5.09 ^{fghB}	28.89±1.92 ^{cdefA}
	Acetone	11.11±1.92 ^{cdD}	16.67±3.33 ^{efghC}	24.44±1.92 ^{efgB}	31.11±1.92 ^{cdA}
	80% Ethanol	13.33±3.33 ^{cdD}	22.22±1.92 ^{cdC}	31.11±1.92 ^{cdB}	42.22±1.92 ^{bA}
ไพล	Hexane	21.11±1.92 ^{bcC}	31.11±5.09 ^{bB}	40.00±3.33 ^{bA}	43.33±3.33 ^{bA}
	Acetone	12.22±1.92 ^{cdD}	18.89±1.92 ^{defC}	24.44±1.92 ^{efgB}	32.22±3.85 ^{cA}
	80% Ethanol	21.11±1.92 ^{bdD}	26.67±3.33 ^{bcC}	34.44±1.92 ^{cB}	42.22±1.92 ^{bA}
ชุดควบคุม	DW	0.00±0.00 ^s	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^s
	Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 4.4 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดพืชวงศ์ขิงสกัดโดยวิธีการหมัก (maceration) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 2 วัน

พืชวงศ์ขิง	ตัวทำละลาย	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
		2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
ขิง	Hexane	7.78±1.92 ^{fgD}	17.78±1.92 ^{efghC}	24.44±1.92 ^{hijB}	31.11±1.92 ^{efgA}
	Acetone	8.89±1.92 ^{efC}	21.11±5.09 ^{cdefB}	27.78±1.92 ^{fghiAB}	34.44±5.09 ^{defA}
	80% Ethanol	12.22±1.92 ^{deC}	25.56±3.85 ^{cdB}	28.89±1.92 ^{efghB}	37.78±1.92 ^{cdA}
ข่า	Hexane	4.44±1.92 ^{gD}	12.22±1.92 ^{hC}	21.11±1.92 ^{jB}	26.67±3.33 ^{gA}
	Acetone	4.44±1.92 ^{gD}	14.44±1.92 ^{ghC}	23.33±3.33 ^{ijB}	28.89±1.92 ^{fgA}
	80% Ethanol	5.56±1.92 ^{fgD}	14.44±1.92 ^{ghC}	24.44±1.92 ^{hijB}	30.00±3.33 ^{fgA}
กระชายดำ	Hexane	7.78±1.92 ^{fgD}	15.56±1.92 ^{fghC}	23.33±3.33 ^{ijB}	28.89±1.92 ^{fgA}
	Acetone	12.22±1.92 ^{deC}	23.33±3.33 ^{cdeB}	31.11±1.92 ^{efA}	34.44±3.85 ^{defA}
	80% Ethanol	15.56±1.92 ^{cdC}	26.67±3.33 ^{CB}	33.33±3.33 ^{deB}	42.22±5.09 ^{bcA}
ขมิ้นชัน	Hexane	12.22±1.92 ^{deD}	17.78±3.85 ^{efghC}	25.56±1.92 ^{ghijB}	34.44±1.92 ^{defA}
	Acetone	13.33±3.33 ^{cdC}	20.00±5.77 ^{defgC}	28.89±1.92 ^{efghB}	36.67±3.33 ^{cdeA}
	80% Ethanol	16.67±3.33 ^{cd}	26.67±3.33 ^{cC}	35.56±1.92 ^{dB}	45.56±5.09 ^{bA}
ไพล	Hexane	25.56±1.92 ^{bD}	36.67±3.33 ^{bC}	44.44±3.85 ^{bB}	47.78±5.09 ^{bA}
	Acetone	14.44±1.92 ^{cdD}	22.22±1.92 ^{cdeC}	30.00±3.33 ^{efgB}	38.89±3.85 ^{cdA}
	80% Ethanol	24.44±1.92 ^{bD}	32.22±1.92 ^{bC}	40.00±3.33 ^{CB}	47.78±1.92 ^{bA}
ชุดควบคุม	DW	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^k	0.00±0.00 ^h
	Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 4.5 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดพืชวงศ์ขิงสกัดโดยวิธีการหมัก (maceration) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 3-5 วัน

พืชวงศ์ขิง	ตัวทำละลาย	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
		2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
ขิง	Hexane	11.11±1.92 ^{ghD}	22.22±1.92 ^{efgC}	28.33±1.92 ^{fB}	37.78±1.92 ^{fghA}
	Acetone	12.22±1.92 ^{fgC}	24.44±5.09 ^{defB}	31.11±1.92 ^{efB}	40.00±5.77 ^{efgA}
	80% Ethanol	17.78±1.92 ^{cdeD}	28.89±3.85 ^{cdC}	35.56±1.92 ^{deB}	43.33±3.33 ^{defA}
ข่า	Hexane	5.56±1.92 ^{iD}	15.56±1.92 ^{hC}	24.44±1.92 ^{gB}	30.00±3.33 ^{iA}
	Acetone	7.78±1.92 ^{hiD}	17.78±1.92 ^{ghC}	26.67±3.33 ^{fgB}	33.33±3.33 ^{hiA}
	80% Ethanol	8.89±1.92 ^{ghiD}	18.89±1.92 ^{fghC}	27.78±1.92 ^{fgB}	34.44±1.92 ^{ghA}
กระชายดำ	Hexane	12.22±1.92 ^{fgD}	18.89±1.92 ^{fghC}	25.00±3.33 ^{fgB}	33.33±3.33 ^{hiA}
	Acetone	15.56±1.92 ^{efD}	28.89±1.92 ^{cdC}	35.56±1.92 ^{deB}	40.00±3.33 ^{efgA}
	80% Ethanol	20.00±3.33 ^{cdD}	31.11±5.09 ^{cC}	38.89±1.92 ^{cdB}	46.67±3.33 ^{cdA}
ขมิ้นชัน	Hexane	15.56±1.92 ^{efD}	23.33±3.33 ^{defgC}	31.67±1.92 ^{efB}	38.89±1.92 ^{efghA}
	Acetone	16.67±3.33 ^{deB}	24.44±5.09 ^{defB}	33.33±3.33 ^{eA}	41.11±5.09 ^{defA}
	80% Ethanol	21.11±3.85 ^{cD}	32.22±3.85 ^{cC}	41.11±1.92 ^{cB}	50.00±3.33 ^{bcA}
ไพล	Hexane	31.11±1.92 ^{bC}	40.00±3.33 ^{bB}	47.78±3.85 ^{bA}	53.33±3.33 ^{bA}
	Acetone	18.89±1.92 ^{cdeD}	25.56±1.92 ^{deC}	34.44±1.92 ^{eB}	44.44±1.92 ^{deA}
	80% Ethanol	30.00±3.33 ^{bD}	38.89±1.92 ^{Bc}	47.78±3.85 ^{bB}	52.22±1.92 ^{bA}
ชุดควบคุม	DW	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^j
	Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการยับยั้งไรโซปลา

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากขิง ที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงโดยใช้ตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อการยับยั้งไรโซปลาด้วยวิธีการกิน เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน พบว่าสารสกัดขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 4.6) รองลงมาคือสารสกัดจากขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการสกัด 3 นาที เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm พบว่าสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ จากขิงที่ระยะเวลาการสกัด 3 นาที มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาไม่แตกต่างจากสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์จากขิงที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารสกัดขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและอะซีโตนที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที พบเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา 47.78 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดเฮกเซนจากขิงที่ระยะเวลาการสกัด 1 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 7.78-31.11 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.6

ตาราง 4.6 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากขิง (*Z. officinale*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 1 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	7.78 $\pm$ 1.92 ^{gC}	16.67 $\pm$ 3.33 ^{gB}	21.11 $\pm$ 1.92 ^{gB}	31.11 $\pm$ 6.94 ^{fA}
Hexane (3 นาที)	10.00 $\pm$ 3.33 ^{fgC}	22.22 $\pm$ 1.92 ^{fB}	33.33 $\pm$ 3.33 ^{fA}	38.89 $\pm$ 5.09 ^{deA}
Hexane (5 นาที)	12.22 $\pm$ 3.85 ^{efD}	28.89 $\pm$ 1.92 ^{cdeC}	42.22 $\pm$ 1.92 ^{cdB}	47.78 $\pm$ 1.92 ^{cA}
Acetone (1 นาที)	11.11 $\pm$ 1.92 ^{efgD}	17.78 $\pm$ 1.92 ^{gC}	25.55 $\pm$ 3.85 ^{gB}	37.78 $\pm$ 3.85 ^{eA}
Acetone (3 นาที)	14.44 $\pm$ 1.92 ^{deD}	26.67 $\pm$ 3.33 ^{deC}	35.56 $\pm$ 1.92 ^{efB}	44.44 $\pm$ 1.92 ^{cdA}
Acetone (5 นาที)	17.78 $\pm$ 1.92 ^{cdD}	30.00 $\pm$ 3.33 ^{cdC}	38.89 $\pm$ 5.09 ^{deB}	47.78 $\pm$ 5.09 ^{cA}
Ethanol (1 นาที)	18.89 $\pm$ 1.92 ^{bcC}	25.56 $\pm$ 1.92 ^{efB}	31.11 $\pm$ 3.85 ^{fA}	35.56 $\pm$ 1.92 ^{efA}
Ethanol (3 นาที)	18.89 $\pm$ 1.92 ^{bcD}	31.11 $\pm$ 1.92 ^{ccC}	45.56 $\pm$ 1.92 ^{bcB}	56.66 $\pm$ 3.33 ^{bA}
Ethanol (5 นาที)	22.22 $\pm$ 1.92 ^{bD}	37.78 $\pm$ 1.92 ^{bC}	48.89 $\pm$ 1.92 ^{bbB}	58.89 $\pm$ 3.85 ^{bA}
DW	0.00 $\pm$ 0.00 ^h	0.00 $\pm$ 0.00 ^h	0.00 $\pm$ 0.00 ^h	0.00 $\pm$ 0.00 ^g
Omite	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
 ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากชิง หลังจากที่ไม่ไว้อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันพบว่าสารสกัดชิงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงขึ้นในทุกตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด โดยสารสกัดจากชิงด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลาการสกัด 3 และ 5 นาทียังคงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm คือ 66.67 และ 62.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.7) รองลงมา คือ สารสกัดชิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและอะซีโตนที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที และสารสกัดชิงที่สกัดด้วยตัวทำละลาย อะซีโตนที่ระยะเวลาการสกัด 3 นาที พบเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดเฮกเซนจากชิงที่ระยะเวลาการสกัด 1 นาทีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้นโดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 11.11-35.56 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.7

ตาราง 4.7 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากชิง (*Z. officinale*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 2 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	11.11 $\pm$ 1.92 ^{fD}	21.11 $\pm$ 1.92 ^{fC}	25.56 $\pm$ 1.92 ^{hB}	35.56 $\pm$ 1.92 ^{fA}
Hexane (3 นาที)	14.44 $\pm$ 3.85 ^{efD}	26.67 $\pm$ 3.33 ^{eC}	37.78 $\pm$ 3.85 ^{fB}	45.56 $\pm$ 5.09 ^{deA}
Hexane (5 นาที)	16.67 $\pm$ 3.33 ^{deD}	33.33 $\pm$ 3.33 ^{dC}	47.78 $\pm$ 1.92 ^{cdB}	54.44 $\pm$ 1.92 ^{cA}
Acetone (1 นาที)	15.56 $\pm$ 1.92 ^{defD}	24.44 $\pm$ 1.92 ^{efC}	31.11 $\pm$ 1.92 ^{gB}	44.44 $\pm$ 3.85 ^{eA}
Acetone (3 นาที)	20.00 $\pm$ 3.33 ^{cdD}	34.44 $\pm$ 1.92 ^{dC}	42.22 $\pm$ 1.92 ^{efB}	51.11 $\pm$ 1.92 ^{cdA}
Acetone (5 นาที)	22.22 $\pm$ 1.92 ^{cD}	35.56 $\pm$ 1.92 ^{cdC}	44.44 $\pm$ 3.85 ^{deB}	54.44 $\pm$ 3.85 ^{cA}
Ethanol (1 นาที)	24.44 $\pm$ 5.09 ^{bcC}	33.33 $\pm$ 5.77 ^{dB}	37.78 $\pm$ 1.92 ^{fB}	48.89 $\pm$ 3.85 ^{cdeA}
Ethanol (3 นาที)	24.44 $\pm$ 1.92 ^{bcD}	40.00 $\pm$ 3.33 ^{cC}	50.00 $\pm$ 3.33 ^{cB}	62.22 $\pm$ 3.85 ^{bA}
Ethanol (5 นาที)	27.78 $\pm$ 1.92 ^{bD}	45.56 $\pm$ 3.85 ^{bC}	56.67 $\pm$ 3.33 ^{bB}	66.67 $\pm$ 3.33 ^{bA}
DW	0.00 $\pm$ 0.00 ^g	0.00 $\pm$ 0.00 ^g	0.00 $\pm$ 0.00 ⁱ	0.00 $\pm$ 0.00 ^g
Omite	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากชิง หลังจากที่มีไว้อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วันพบว่าสารสกัดจากชิงด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการสกัด 3 และ 5 นาทียังคงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm คือ 68.89 และ 65.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.8) รองลงมา คือ สารสกัดชิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และอะซิโตนที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันพบเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา 60 และ 62.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดชิงด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที และสารสกัดชิงที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 80 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล 3 นาที พบเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดเฮกเซนจากชิงที่ระยะเวลาการสกัด 1 นาทีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้นโดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 14.44-41.11 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.8

ตาราง 4.8 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากชิง (*Z. officinale*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 3-5 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	14.44 $\pm$ 1.92 ^{eC}	25.56 $\pm$ 1.92 ^{gB}	32.22 $\pm$ 1.92 ^{hB}	41.11 $\pm$ 6.94 ^{gA}
Hexane (3 นาที)	18.89 $\pm$ 1.92 ^{dD}	32.22 $\pm$ 1.92 ^{fC}	43.33 $\pm$ 3.33 ^{fB}	50.00 $\pm$ 3.33 ^{fA}
Hexane (5 นาที)	21.11 $\pm$ 1.92 ^{dD}	37.78 $\pm$ 1.92 ^{deC}	51.11 $\pm$ 1.92 ^{deB}	60.00 $\pm$ 3.33 ^{cdeA}
Acetone (1 นาที)	21.11 $\pm$ 1.92 ^{dD}	30.00 $\pm$ 3.33 ^{fC}	37.78 $\pm$ 1.92 ^{gB}	50.00 $\pm$ 3.33 ^{fA}
Acetone (3 นาที)	25.56 $\pm$ 1.92 ^{cD}	38.89 $\pm$ 3.85 ^{deC}	47.78 $\pm$ 1.92 ^{eB}	57.78 $\pm$ 1.92 ^{deA}
Acetone (5 นาที)	28.89 $\pm$ 1.92 ^{bcD}	44.44 $\pm$ 1.92 ^{bcC}	54.44 $\pm$ 1.92 ^{cdB}	62.22 $\pm$ 5.09 ^{cdA}
Ethanol (1 นาที)	26.67 $\pm$ 3.33 ^{bcC}	34.44 $\pm$ 3.85 ^{efB}	40.00 $\pm$ 3.33 ^{fgB}	55.56 $\pm$ 5.09 ^{efA}
Ethanol (3 นาที)	27.78 $\pm$ 1.92 ^{bcD}	42.22 $\pm$ 3.85 ^{cdC}	57.78 $\pm$ 1.92 ^{bcB}	65.56 $\pm$ 1.92 ^{bcA}
Ethanol (5 นาที)	30.00 $\pm$ 3.33 ^{bD}	47.78 $\pm$ 1.92 ^{bC}	60.00 $\pm$ 3.33 ^{bB}	68.89 $\pm$ 1.92 ^{bA}
DW	0.00 $\pm$ 0.00 ^f	0.00 $\pm$ 0.00 ^h	0.00 $\pm$ 0.00 ⁱ	0.00 $\pm$ 0.00 ^h
Omite	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)
ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากข้าว ที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลาย ร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงโดยใช้ตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อการยับยั้งไรโซพลาด้วยวิธีการกิน เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดข้าวด้วยตัวทำละลาย เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์และอะซีโตนที่ระยะเวลาการสกัด 3 และ 5 นาที และสารสกัดข้าวที่สกัดด้วย เฮกเซน 5 นาทีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซพลาสูงที่สุด คือ มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.9) รองลงมาคือสารสกัดข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที และเฮกเซนที่ระยะเวลาการสกัด 3 นาที ส่งผลต่อการตายของไรโซพลาเท่ากัน คือ 38.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดเฮกเซนจากข้าวที่ระยะเวลาการสกัด 1 นาทีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซพลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้นโดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 8.89-26.67 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.9

ตาราง 4.9 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซพลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากข้าว (*A. galanga*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 1 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซพลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	8.89 $\pm$ 3.85 ^{deC}	13.33 $\pm$ 3.33 ^{dB}	17.78 $\pm$ 1.92 ^{fB}	26.67 $\pm$ 3.33 ^{dA}
Hexane (3 นาที)	7.78 $\pm$ 1.92 ^{eD}	17.78 $\pm$ 1.92 ^{cdC}	26.67 $\pm$ 3.33 ^{deB}	38.89 $\pm$ 1.92 ^{cA}
Hexane (5 นาที)	11.11 $\pm$ 1.92 ^{cdeD}	25.56 $\pm$ 1.92 ^{bcC}	40.00 $\pm$ 3.33 ^{bbB}	44.44 $\pm$ 1.92 ^{bA}
Acetone (1 นาที)	7.78 $\pm$ 1.92 ^{eD}	13.33 $\pm$ 3.33 ^{dB}	24.44 $\pm$ 1.92 ^{eB}	30.00 $\pm$ 3.33 ^{dA}
Acetone (3 นาที)	12.22 $\pm$ 1.92 ^{bcdD}	23.33 $\pm$ 3.33 ^{bcC}	30.00 $\pm$ 3.33 ^{cdB}	42.22 $\pm$ 1.92 ^{bcA}
Acetone (5 นาที)	14.44 $\pm$ 1.92 ^{bcD}	23.33 $\pm$ 3.33 ^{bcC}	31.11 $\pm$ 1.92 ^{cB}	42.22 $\pm$ 1.92 ^{bcA}
Ethanol (1 นาที)	11.11 $\pm$ 1.92 ^{cdeD}	16.67 $\pm$ 3.33 ^{cdC}	27.78 $\pm$ 1.92 ^{cdeB}	38.89 $\pm$ 3.85 ^{cA}
Ethanol (3 นาที)	14.44 $\pm$ 1.92 ^{bcD}	21.11 $\pm$ 1.92 ^{bcC}	31.11 $\pm$ 1.92 ^{cB}	41.11 $\pm$ 1.92 ^{bcA}
Ethanol (5 นาที)	15.56 $\pm$ 1.92 ^{bcC}	24.44 $\pm$ 5.09 ^{bbB}	31.11 $\pm$ 1.92 ^{cB}	45.56 $\pm$ 5.09 ^{baA}
DW	0.00 $\pm$ 0.00 ^f	0.00 $\pm$ 0.00 ^e	0.00 $\pm$ 0.00 ^g	0.00 $\pm$ 0.00 ^e
Omite	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a	100.00 $\pm$ 0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml) ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากข้าว หลังจากที่ยบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดข้าวด้วยตัวทำละลาย

เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ 55.56 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.10) รองลงมา คือ สารสกัดชาด้วยตัวทำละลายอะซีโตน 5 นาที ที่ 53.33 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดชาที่ส่งผลต่อการตายของไรโซปลามากกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ คือ สารสกัดชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน 5 นาที อะซีโตน 3 และ 5 นาที และ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ในทุกเวลาการสกัด ส่วนสารสกัดเฮกเซนจากชาที่ระยะเวลาการสกัด 1 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้นโดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 10.00-32.22 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.10

ตาราง 4.10 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากชา (*A. galanga*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 2 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	10.00±3.33 ^{eC}	16.67±3.33 ^{fB}	22.22±1.92 ^{fB}	32.22±3.85 ^{gA}
Hexane (3 นาที)	12.22±1.92 ^{deD}	22.22±1.92 ^{deC}	32.22±1.92 ^{deB}	44.44±1.92 ^{eA}
Hexane (5 นาที)	14.44±1.92 ^{cdC}	34.44±3.85 ^{bB}	43.33±3.33 ^{bA}	48.89±1.92 ^{dA}
Acetone (1 นาที)	12.22±1.92 ^{deD}	18.89±1.92 ^{efC}	27.78±1.92 ^{eB}	36.67±3.33 ^{fA}
Acetone (3 นาที)	15.56±1.92 ^{cdD}	27.78±1.92 ^{cC}	36.67±3.33 ^{cdB}	47.78±1.92 ^{deA}
Acetone (5 นาที)	17.78±1.92 ^{cD}	28.89±1.92 ^{cC}	37.78±1.92 ^{cB}	48.89±1.92 ^{dA}
Ethanol (1 นาที)	16.67±0.00 ^{cC}	20.00±3.33 ^{efC}	33.33±3.33 ^{cdB}	47.78±1.92 ^{deA}
Ethanol (3 นาที)	17.78±1.92 ^{cD}	26.67±3.33 ^{cdC}	38.89±6.94 ^{cB}	53.33±3.33 ^{cA}
Ethanol (5 นาที)	21.11±1.92 ^{bdD}	31.11±5.09 ^{cC}	38.89±1.92 ^{cB}	55.56±1.92 ^{bA}
DW	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)
ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากชา หลังจากที่ย้อมไว้อ่อนฤทธิ์ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วันพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดชาด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์และอะซีโตนที่ระยะเวลาการสกัด 5 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุดคือ 55.56 และ 57.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.11) รองลงมา คือ สารสกัดชาด้วยตัว

ทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และอะซีโตนที่ระยะการสกัด 3 นาที และสารสกัดเฮกเซนจากข้าวที่เวลา 5 นาที ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาแทกกัน คือ 53.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดเฮกเซนจากข้าวที่ระยะเวลาการสกัด 1 นาทีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาแทกต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้นโดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 12.22-36.67 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.11

ตาราง 4.11 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาแทกเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากข้าว (*A. galanga*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 3-5 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาแทก*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	12.22±1.92 ^{dD}	21.11±3.85 ^{dC}	27.78±1.92 ^{eB}	36.67±3.33 ^{eA}
Hexane (3 นาที)	16.67±3.33 ^{cdD}	26.67±3.33 ^{cC}	37.78±3.85 ^{cdB}	48.89±3.85 ^{cA}
Hexane (5 นาที)	18.89±3.85 ^{CD}	40.33±3.33 ^{bC}	46.67±3.33 ^{bB}	53.33±3.33 ^{bcA}
Acetone (1 นาที)	18.89±1.92 ^{CD}	25.56±1.92 ^{cdC}	34.44±1.92 ^{dB}	43.33±3.33 ^{dA}
Acetone (3 นาที)	21.11±1.92 ^{bcD}	30.00±3.33 ^{bcC}	42.22±1.92 ^{bcB}	53.33±3.33 ^{bcA}
Acetone (5 นาที)	22.22±1.92 ^{bcD}	33.33±3.33 ^{bC}	43.33±3.33 ^{bB}	56.67±3.33 ^{bA}
Ethanol (1 นาที)	20.00±3.33 ^{bcD}	27.78±1.92 ^{cC}	38.89±3.85 ^{cdB}	48.89±1.92 ^{cA}
Ethanol (3 นาที)	22.22±6.94 ^{bcD}	31.11±1.92 ^{bcC}	43.33±3.33 ^{bB}	55.56±1.92 ^{bcA}
Ethanol (5 นาที)	25.56±1.92 ^{bD}	35.56±5.09 ^{bC}	43.33±3.33 ^{bB}	57.78±1.92 ^{bA}
DW	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาดจากกระชายดำ ที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงโดยใช้ตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ต่อการยับยั้งไรโซปลาแทกด้วยวิธีการกิน เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน พบว่าสารสกัดกระชายดำระดับความเข้มข้น 15,000 ppm ที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และอะซีโตนโดยใช้เวลาการสกัด 3 และ 5 นาที ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาแทกสูงสุด คือ 62.22 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.12) รองลงมา คือ สารสกัดเฮกเซนจากกระชายดำ (นาน 3 และ 5 นาที) และสารสกัดเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์จากกระชายดำ (นาน 1 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาแทกมากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันนี้พบกว่าสารสกัดกระชายดำจาก

เฮกเซนและอะซีโตน (นาน 1 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่าที่สุด คือ 47.78 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm พบว่าสารสกัดกระชายดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด (นาน 5 นาที) และสารสกัดกระชายดำที่สกัดด้วยอะซีโตน 3 นาที มีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาต่ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.12

ตาราง 4.12 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพคเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากกระชายดำ (*K. parviflora*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 1 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	17.78±1.92 ^{fgD}	28.89±1.92 ^{deC}	40.00±3.33 ^{eB}	47.78±1.92 ^{dA}
Hexane (3 นาที)	21.11±3.85 ^{defD}	34.44±5.09 ^{dC}	48.89±1.92 ^{cdB}	57.78±1.92 ^{cA}
Hexane (5 นาที)	25.56±1.92 ^{bcdD}	42.22±3.85 ^{bCC}	50.00±3.33 ^{cdB}	58.89±1.92 ^{cA}
Acetone (1 นาที)	15.56±1.92 ^{gD}	24.44±1.92 ^{eC}	41.11±1.92 ^{eB}	47.78±1.92 ^{dA}
Acetone (3 นาที)	23.33±3.33 ^{cdeD}	34.44±5.09 ^{dC}	51.11±1.92 ^{cB}	62.22±1.92 ^{bA}
Acetone (5 นาที)	26.67±3.33 ^{bcdD}	41.11±1.92 ^{cC}	52.22±3.85 ^{cB}	62.22±1.92 ^{bA}
Ethanol (1 นาที)	20.00±3.33 ^{efgD}	31.11±1.92 ^{dC}	45.56±1.92 ^{dB}	58.89±1.92 ^{cA}
Ethanol (3 นาที)	25.56±3.85 ^{bcdD}	40.00±3.33 ^{cC}	48.89±3.85 ^{cdB}	62.22±1.92 ^{bA}
Ethanol (5 นาที)	28.89±1.92 ^{bC}	46.67±3.33 ^{bB}	58.89±1.92 ^{bA}	62.22±1.92 ^{bA}
DW	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^e
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากกระชายดำ หลังจากที่ถูกบ่มไว้อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดกระชายดำด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 และ 5 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่าสูงที่สุด คือ 74.44 และ 75.56 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.13) รองลงมา คือ สารสกัดกระชายดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 1 นาที) และสารสกัดกระชายดำด้วยตัวทำละลายอะซีโตน (นาน 3 และ 5 นาที) โดยส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่า 67.78 – 68.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดกระชายดำด้วยตัวทำละลายอะซีโตนและเฮกเซน (นาน 1 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่าที่สุดคือ 53.33 และ 55.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดกระชายดำด้วยเอทานอล 80

เปอร์เซ็นต์ (นาน 5 นาที) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาไม่แตกต่างจากสารสกัดกระชายดำ ด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 5 นาที) ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm ดังแสดงในตาราง 4.13

ตาราง 4.13 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากกระชายดำ (*K. parviflora*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 2 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	22.22±1.92 ^{dD}	33.33±3.33 ^{eC}	45.56±1.92 ^{dB}	55.56±1.92 ^{fA}
Hexane (3 นาที)	26.67±3.33 ^{cdD}	40.00±3.33 ^{dC}	53.33±3.33 ^{cB}	64.44±1.92 ^{deA}
Hexane (5 นาที)	31.11±3.85 ^{cD}	46.67±3.33 ^{cC}	55.56±1.92 ^{cB}	63.33±3.33 ^{eA}
Acetone (1 นาที)	22.22±1.92 ^{dD}	31.11±1.92 ^{eC}	47.78±1.92 ^{dB}	53.33±3.33 ^{fA}
Acetone (3 นาที)	28.89±1.92 ^{cD}	41.11±5.09 ^{dC}	54.44±1.92 ^{cB}	68.89±1.92 ^{cA}
Acetone (5 นาที)	31.11±1.92 ^{cD}	46.67±3.33 ^{cC}	57.78±5.09 ^{cB}	67.78±1.92 ^{cdA}
Ethanol (1 นาที)	28.89±1.92 ^{cD}	38.89±3.85 ^{dC}	57.778±1.92 ^{cB}	67.78±1.92 ^{cdA}
Ethanol (3 นาที)	31.11±1.92 ^{cD}	47.78±1.92 ^{cC}	66.67±3.33 ^{bB}	74.44±1.92 ^{bA}
Ethanol (5 นาที)	38.89±5.09 ^{bC}	56.67±3.33 ^{bB}	70.00±6.67 ^{bA}	75.56±3.85 ^{bA}
DW	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากกระชายดำ หลังจากที่ถูกบ่มไว้อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดกระชายดำ ด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 และ 5 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาสูงที่สุดคือ 78.89 และ 82.22 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.14) รองลงมาคือสารสกัดกระชายดำที่สกัดด้วยอะซีโตน (นาน 5 นาที) คือ 76.67 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดกระชายดำด้วยอะซีโตน (นาน 3 นาที) และ เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 1 นาที) โดยส่งผลต่อการตายของไรโซปลาเท่ากันคือ 74.44 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดกระชายดำด้วยตัวทำละลายอะซีโตนและเฮกเซน (นาน 1 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุดคือ 61.11 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดกระชายดำด้วยเอทานอล 80

เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 และ 5 นาที) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลามากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.14

ตาราง 4.14 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากกระชายดำ (*K. parviflora*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 3 - 5 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	26.67±3.33 ^{ed}	37.78±3.85 ^{fc}	50.00±3.33 ^{gb}	61.11±1.92 ^{ea}
Hexane (3 นาที)	32.22±1.92 ^{cdD}	45.56±1.9 ^{2eC}	58.89±1.92 ^{efB}	68.89±1.92 ^{da}
Hexane (5 นาที)	36.67±3.33 ^{bcd}	50.00±3.33 ^{cdeC}	61.11±3.85 ^{defB}	70.00±3.33 ^{da}
Acetone (1 นาที)	28.89±1.92 ^{deD}	40.00±3.33 ^{fc}	55.56±3.85 ^{fb}	61.11±1.92 ^{ea}
Acetone (3 นาที)	33.33±3.33 ^{cdD}	47.78±1.92 ^{cdeC}	61.11±1.92 ^{defB}	74.44±1.92 ^{cdA}
Acetone (5 นาที)	34.44±1.92 ^{cd}	51.11±1.92 ^{cdC}	64.44±5.09 ^{deB}	76.67±3.33 ^{ca}
Ethanol (1 นาที)	32.22±1.92 ^{cdD}	46.67±3.33 ^{deC}	65.56±1.92 ^{cdB}	74.44±6.94 ^{cdA}
Ethanol (3 นาที)	36.67±3.33 ^{bcd}	52.22±1.92 ^{cc}	70.00±3.33 ^{bcB}	78.89±1.92 ^{bcA}
Ethanol (5 นาที)	41.11±5.09 ^{bd}	58.89±5.09 ^{bc}	72.22±3.85 ^{bb}	82.22±3.85 ^{ba}
DW	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^f
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงโดยใช้ตัวทำละลาย เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อการยับยั้งไรโซปลาด้วยวิธีการกิน เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วันพบว่า สารสกัดขมิ้นชันด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 และ 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ 68.89 และ 71.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.15) รองลงมา คือ สารสกัดขมิ้นชันด้วยอะซีโตน (นาน 3 และ 5 นาที) คือ 65.56 และ 61.11 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดขมิ้นชันด้วยเฮกเซน (นาน 5 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลา 61.11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดขมิ้นชันด้วยเฮกเซน 1 นาทีส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 17.78 - 46.67 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.15

ตาราง 4.15 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน (*C. longa*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 1 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	17.78±1.92 ^{cC}	32.22±5.09 ^{fB}	44.44±5.09 ^{eA}	46.67±3.33 ^{hA}
Hexane (3 นาที)	27.78±3.85 ^{bD}	40.00±3.33 ^{cdC}	51.11±3.85 ^{cdB}	60.00±3.33 ^{efA}
Hexane (5 นาที)	28.89±5.09 ^{bC}	42.22±1.92 ^{cdB}	55.56±3.85 ^{bcA}	61.11±5.09 ^{deA}
Acetone (1 นาที)	20.00±3.33 ^{cD}	33.33±3.33 ^{efC}	44.44±1.92 ^{eB}	51.11±1.92 ^{ghA}
Acetone (3 นาที)	26.67±3.33 ^{bD}	42.22±1.92 ^{cdC}	52.22±1.92 ^{cdB}	61.11±5.09 ^{deA}
Acetone (5 นาที)	28.89±1.92 ^{bD}	44.44±1.92 ^{bcC}	53.33±3.33 ^{bcdB}	65.56±1.92 ^{cdA}
Ethanol (1 นาที)	21.11±1.92 ^{cD}	37.78±1.92 ^{deB}	48.89±1.92 ^{deB}	55.56±1.92 ^{fgA}
Ethanol (3 นาที)	28.89±1.92 ^{bD}	37.78±1.92 ^{deC}	52.22±3.85 ^{cdB}	68.89±1.92 ^{bcA}
Ethanol (5 นาที)	31.11±1.92 ^{bD}	47.78±1.92 ^{bcC}	57.78±1.92 ^{bbB}	71.11±1.92 ^{baA}
DW	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ⁱ
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน หลังจากที่ย้อมไว้อ่อนฤทธิ์ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ 83.33 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.16) รองลงมา คือ สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 นาที) และอะซีโตน (นาน 5 นาที) คือ 73.33 และ 72.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยเฮกเซนและอะซีโตน นาน 1 นาที ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา คือ 52.22 และ 55.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.16

ตาราง 4.16 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน (*C. longa*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 2 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	22.22±3.85 ^{fC}	36.67±3.33 ^{eB}	48.89±5.09 ^{eA}	52.22±1.92 ^{eA}
Hexane (3 นาที)	31.11±5.09 ^{cdD}	45.56±3.85 ^{dC}	56.67±3.33 ^{dB}	65.56±5.09 ^{dA}
Hexane (5 นาที)	33.33±3.33 ^{cdD}	47.78±1.92 ^{cdC}	61.11±1.92 ^{cdB}	67.78±5.09 ^{cdA}
Acetone (1 นาที)	25.56±1.92 ^{efD}	40.00±3.33 ^{eC}	48.89±1.92 ^{eB}	55.56±1.92 ^{eA}
Acetone (3 นาที)	32.22±1.92 ^{cdD}	48.89±1.92 ^{cdC}	58.89±1.92 ^{dB}	67.78±5.09 ^{cdA}
Acetone (5 นาที)	34.44±1.92 ^{bcD}	51.11±1.92 ^{cC}	60.00±3.33 ^{cdB}	72.22±1.92 ^{cA}
Ethanol (1 นาที)	28.89±1.92 ^{deD}	48.89±1.92 ^{cdC}	61.11±1.92 ^{cdB}	67.78±3.85 ^{cdA}
Ethanol (3 นาที)	35.56±1.92 ^{bcD}	46.67±3.33 ^{cdB}	64.44±1.92 ^{bcB}	73.33±3.33 ^{cA}
Ethanol (5 นาที)	38.89±1.92 ^{bd}	57.78±1.92 ^{bc}	68.89±3.85 ^{bb}	83.33±3.33 ^{bA}
DW	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน หลังจากที่ถูกบ่มไว้อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 และ 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ 87.78 และ 91.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.17) รองลงมา คือ สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 1 นาที) สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยอะซีโตน (นาน 3 และ 5 นาที) และสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยเฮกเซน (นาน 3 และ 5 นาที) โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลามากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยเฮกเซนนาน 1 นาที ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา คือ 28.89 – 58.89 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.17

ตาราง 4.17 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาเพศเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน (*C. longa*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 3 - 5 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา*			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	28.89±3.85 ^{eD}	42.22±1.92 ^{fC}	52.22±5.09 ^{eB}	58.89±1.92 ^{eA}
Hexane (3 นาที)	36.67±3.33 ^{cdD}	50.00±3.33 ^{deC}	62.22±1.92 ^{dB}	71.11±1.92 ^{dA}
Hexane (5 นาที)	38.89±3.85 ^{cd}	53.33±3.33 ^{cdC}	65.56±3.85 ^{cdB}	73.33±3.33 ^{cdA}
Acetone (1 นาที)	32.22±1.92 ^{deD}	47.78±1.92 ^{eC}	56.67±3.33 ^{eB}	62.22±1.92 ^{eA}
Acetone (3 นาที)	38.89±1.92 ^{cd}	55.56±1.92 ^{cc}	63.33±3.33 ^{cdB}	75.56±6.94 ^{cdA}
Acetone (5 นาที)	41.11±1.92 ^{bcd}	57.78±1.92 ^{cc}	68.89±1.92 ^{cb}	77.78±1.92 ^{ca}
Ethanol (1 นาที)	33.33±3.33 ^{deD}	53.33±3.33 ^{cdC}	66.67±3.33 ^{cdB}	75.56±5.09 ^{cdA}
Ethanol (3 นาที)	41.11±1.92 ^{bcd}	57.78±1.92 ^{cc}	76.67±3.33 ^{bb}	87.78±5.09 ^{ba}
Ethanol (5 นาที)	44.44±5.09 ^{bd}	64.44±5.09 ^{bc}	80.00±3.33 ^{bb}	91.11±1.92 ^{ba}
DW	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^s	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อการยับยั้งไรโซปลาด้วยวิธีการกิน เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วันพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดจากโพลที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และเฮกเซน (นาน 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ 78.89 และ 82.22 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตาราง 4.18) รองลงมา คือ สารสกัดโพลที่สกัดด้วยเฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 นาที) คือ 76.67 และ 72.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดโพลที่สกัดด้วยอะซีโตน (นาน 1 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา คือ 21.11 – 53.33 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.18 และที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดจากโพลที่สกัดด้วยเฮกเซน (นาน 5 นาที) ผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาไม่แตกต่างจากสารสกัดจากโพลที่สกัดด้วยเฮกเซน (นาน 5 นาที) ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา คือ 80 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.18

ตาราง 4.18 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากไพล (*Z. montanum*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกิน นาน 1 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา* 2,500 ppm 5,000 ppm 10,000 ppm 15,000 ppm			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	25.56±1.92 ^{efD}	45.56±1.92 ^{eC}	58.89±3.85 ^{dB}	70.00±3.33 ^{deA}
Hexane (3 นาที)	37.78±5.09 ^{bcC}	55.56±1.92 ^{cB}	70.00±3.33 ^{cA}	76.67±3.33 ^{bcA}
Hexane (5 นาที)	43.33±6.67 ^{bC}	57.78±1.92 ^{bcB}	80.00±3.33 ^{bA}	82.22±3.85 ^{bA}
Acetone (1 นาที)	21.11±1.92 ^{fD}	38.89±1.92 ^{fC}	48.89±1.92 ^{eB}	53.33±3.33 ^{gA}
Acetone (3 นาที)	31.11±3.85 ^{deD}	46.67±3.33 ^{eC}	53.33±3.33 ^{eB}	65.56±1.92 ^{efA}
Acetone (5 นาที)	32.22±1.92 ^{cdD}	48.89±3.85 ^{deC}	58.89±1.92 ^{dB}	67.78±5.09 ^{defA}
Ethanol (1 นาที)	22.22±1.92 ^{fD}	37.78±1.92 ^{fC}	53.33±3.33 ^{eB}	62.22±1.92 ^{fA}
Ethanol (3 นาที)	31.11±1.92 ^{deD}	51.11±1.92 ^{dC}	60.00±3.33 ^{dB}	72.22±1.92 ^{cdA}
Ethanol (5 นาที)	37.78±1.92 ^{bcC}	60.00±3.33 ^{bB}	73.33±3.33 ^{cA}	78.89±5.09 ^{bA}
DW	0.00±0.00 ^s	0.00±0.00 ^s	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^h
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากไพล หลังจากที่ถูกบ่มไว้อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่าสารสกัดไพลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงขึ้นในทุกตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และเฮกเซน (นาน 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ 87.78 และ 90.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตาราง 4.19) รองลงมา คือ สารสกัดไพลที่สกัดด้วยเฮกเซน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 นาที) คือ 84.44 และ 80.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดไพลที่สกัดด้วยอะซีโตน (นาน 1 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา คือ 27.78 – 60.00 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วยเฮกเซน (นาน 5 นาที) ผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาไม่แตกต่างจากสารสกัดจากไพลที่สกัดด้วยเฮกเซน (นาน 5 นาที) ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา คือ 82.22 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.19

ตาราง 4.19 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากไพล (*Z. montanum*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 2 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา* 2,500 ppm 5,000 ppm 10,000 ppm 15,000 ppm			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	30.00±3.33 ^{ed}	52.22±1.92 ^{ec}	64.44±1.92 ^{efB}	76.67±3.33 ^{deA}
Hexane (3 นาที)	43.33±3.33 ^{bcd}	62.22±3.85 ^{cdC}	76.67±3.33 ^{cb}	84.44±3.85 ^{bcA}
Hexane (5 นาที)	47.78±5.09 ^{bc}	64.44±1.92 ^{bcB}	82.22±3.85 ^{ba}	90.00±3.33 ^{ba}
Acetone (1 นาที)	27.78±1.92 ^{ed}	45.56±1.92 ^{fc}	54.44±1.92 ^{gB}	60.00±3.33 ^{fa}
Acetone (3 นาที)	37.78±5.09 ^{dc}	53.33±3.33 ^{eb}	60.00±3.33 ^{fb}	73.33±3.33 ^{ea}
Acetone (5 นาที)	38.89±1.92 ^{cdD}	57.78±1.92 ^{dc}	67.78±1.92 ^{deB}	76.67±3.33 ^{deA}
Ethanol (1 นาที)	28.89±1.92 ^{ed}	47.78±3.85 ^{fc}	63.33±3.33 ^{efB}	78.89±5.09 ^{cdeA}
Ethanol (3 นาที)	37.78±1.92 ^{dc}	60.00±3.33 ^{cdC}	71.11±1.92 ^{db}	80.00±3.33 ^{cdA}
Ethanol (5 นาที)	45.56±1.92 ^{bd}	67.78±1.92 ^{bc}	83.33±3.33 ^{bb}	87.78±1.92 ^{ba}
DW	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^g
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากไพล หลังจากที่ย้อมไว้อ่อนฤทธิ์ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 5 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และเฮกเซน (นาน 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.20) รองลงมา คือ สารสกัดไพลที่สกัดด้วยเฮกเซน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 นาที) คือ 90.00 และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดไพลที่สกัดด้วยอะซีโตน (นาน 1 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา คือ 32.22 – 68.89 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สารสกัดจากไพลที่สกัดด้วยเฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 และ 5 นาที) ผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลามากกว่า 80.00 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 4.20

ตาราง 4.20 เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากไพล (*Z. montanum*) สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 3 - 5 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลา* 2,500 ppm 5,000 ppm 10,000 ppm 15,000 ppm			
	2,500 ppm	5,000 ppm	10,000 ppm	15,000 ppm
Hexane (1 นาที)	36.67±3.33 ^{dD}	57.78±5.09 ^{dC}	68.89±1.92 ^{cB}	83.33±3.33 ^{dA}
Hexane (3 นาที)	48.89±1.92 ^{bD}	67.78±1.92 ^{bcC}	83.33±3.33 ^{bB}	90.00±3.33 ^{cA}
Hexane (5 นาที)	53.33±3.33 ^{bD}	71.11±1.92 ^{bcC}	86.67±3.33 ^{bB}	94.44±1.92 ^{bA}
Acetone (1 นาที)	32.22±1.92 ^{dD}	51.11±1.92 ^{eC}	62.22±1.92 ^{dB}	68.89±1.92 ^{fA}
Acetone (3 นาที)	43.33±3.33 ^{cD}	58.89±1.92 ^{dC}	68.89±1.92 ^{cB}	78.89±1.92 ^{eA}
Acetone (5 นาที)	45.56±1.92 ^{cD}	62.22±1.92 ^{cdC}	73.33±3.33 ^{cB}	83.33±3.33 ^{dA}
Ethanol (1 นาที)	34.44±3.85 ^{dD}	56.67±3.33 ^{dC}	68.89±5.09 ^{cB}	81.11±1.92 ^{deA}
Ethanol (3 นาที)	45.56±3.85 ^{cC}	66.67±3.33 ^{bcB}	83.33±3.33 ^{bA}	88.89±1.92 ^{cA}
Ethanol (5 นาที)	47.78±5.09 ^{cC}	70.00±6.67 ^{bB}	85.56±3.85 ^{bA}	92.22±1.92 ^{bcA}
DW	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจาก จิง ข่า กระจายดำ ขมิ้นชัน และไพลที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm หลังจากบีบไว้ อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 5 วัน พบว่า สารสกัดหยาบจากไพลที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และเฮกเซน (นาน 5 นาที) และสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาสูงที่สุด คือ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.21) รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากไพลที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และเฮกเซน (นาน 3 นาที) และสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลามากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดหยาบจากพืชที่ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุด คือ สารสกัดหยาบจากจิงและข่าที่สกัดโดยใช้เฮกเซน (นาน 1 นาที) โดยส่งผลต่อการตายของไรโซปลา คือ 41.11 และ 36.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.21

ตาราง 4.21 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพเตเมียจากการทดสอบด้วยสารสกัดจาก ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล สกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction) ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm ด้วยการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินนาน 3 - 5 วัน

ตัวทำละลาย (ระยะเวลาสกัด)	เปอร์เซ็นต์การตายของไรโซปลาพ*				
	ขิง	ข่า	กระชายดำ	ขมิ้นชัน	ไพล
Hexane (1 นาที)	41.11±6.94 ^{sC}	36.67±3.33 ^{eC}	61.11±1.92 ^{eB}	58.89±1.92 ^{eB}	83.33±3.33 ^{dA}
Hexane (3 นาที)	50.00±3.33 ^{fC}	48.89±3.85 ^{cC}	68.89±1.92 ^{dB}	71.11±1.92 ^{dB}	90.00±3.33 ^{cA}
Hexane (5 นาที)	60.00±3.33 ^{cdeC}	53.33±3.33 ^{bcD}	70.00±3.33 ^{dB}	73.33±3.33 ^{cdB}	94.44±1.92 ^{bA}
Acetone (1 นาที)	50.00±3.33 ^{fC}	43.33±3.33 ^{dD}	61.11±1.92 ^{eB}	62.22±1.92 ^{eB}	68.89±1.92 ^{fA}
Acetone (3 นาที)	57.78±1.92 ^{deB}	53.33±3.33 ^{bcB}	74.44±1.92 ^{cdA}	75.56±6.94 ^{cdA}	78.89±1.92 ^{eA}
Acetone (5 นาที)	62.22±5.09 ^{cdB}	56.67±3.33 ^{bB}	76.67±3.33 ^{cA}	77.78±1.92 ^{cA}	83.33±3.33 ^{dA}
Ethanol (1 นาที)	55.56±5.09 ^{efB}	48.89±1.92 ^{cB}	74.44±6.94 ^{cdA}	75.56±5.09 ^{cdA}	81.11±1.92 ^{deA}
Ethanol (3 นาที)	65.56±1.92 ^{bcC}	55.56±1.92 ^{bcD}	78.89±1.92 ^{bcB}	87.78±5.09 ^{bA}	88.89±1.92 ^{cA}
Ethanol (5 นาที)	68.89±1.92 ^{bC}	57.78±1.92 ^{bD}	82.22±3.85 ^{bB}	91.11±1.92 ^{bA}	92.22±1.92 ^{bcA}
DW	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g
Omite	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; DW = น้ำกลั่นปลอดเชื้อ; Omite = สารเคมีฆ่าไร (0.05 mg/ml)

ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอักษร ^{A,B,C,...} ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการใช้สารสกัดหยาบจาก ขิง ข่า กระชายดำ ขมิ้นชัน และ ไพล ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) และการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent extraction, UAE) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน อะซีโตน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้ในการควบคุมโรโซปลาด้วยวิธีการกิน ซึ่งอภิปรายผลได้ดังนี้

จากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ผลได้ของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงด้วยวิธีการหมัก พบว่า สารสกัดหยาบจากพืชที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณผลได้ของสารสูงที่สุด คือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้ปริมาณผลได้ 4.38 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากไพลและข่า ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ผลได้เท่ากับ 2.62 และ 2.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากพืชที่ให้ปริมาณผลได้น้อยที่สุด คือ สารสกัดหยาบจากกระชายดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน มีเปอร์เซ็นต์ผลได้เท่ากับ 0.04 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงในทุกระยะเวลาการสกัด พบว่าการสกัดสารจากพืชโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้ผลได้สูงที่สุดอยู่ในช่วง 10.14 - 11.41 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการสกัดโดยใช้วิธีการหมัก รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากไพลมีเปอร์เซ็นต์ผลได้อยู่ในช่วง 7.12 - 7.38 เปอร์เซ็นต์ และข่า คือ 6.87-7.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดหยาบจากกระชายดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนให้ปริมาณผลได้น้อยที่สุด เท่ากับ 0.31- 0.38 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วสูง (เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์) ในการสกัดจะส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ผลได้สูงกว่าการใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ (เฮกเซน) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิไลลักษณ์ บุญหลาย และคณะ (2556) ที่รายงานว่าสารสกัดหยาบจาก ไพล กระชายดำ และขิง ที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) พบว่าสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วสูง (เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์) ให้ปริมาณผลได้สูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ (เฮกเซน) โดยที่การสกัดสารด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงให้ปริมาณผลได้ของสารสกัดมากกว่าวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมและลดระยะเวลาในการสกัดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม นอกจากนี้วิธีนี้ยังเหมาะสำหรับ การสกัดสารที่มีสมบัติไวต่อความร้อน (Wu *et al.*, 2001)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) ต่อการยับยั้งโรโซปลาด้วยวิธีการกิน พบว่าหลังการทดสอบในวันที่ 5 ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดหยาบจากไพลที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งโรโซปลาสูงที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของโรโซปลาเท่ากับ 53.33 และ 52.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (มีค่า LD₅₀ เท่ากับ 12,442 ppm และ 12,443 ppm) รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การตายของโรโซปลาเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ (มีค่า LD₅₀ เท่ากับ 14,476 ppm) ส่วนสารสกัดจากข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนส่งผลต่อการตายของโรโซปลาดำที่ต่ำที่สุดคือ 30 เปอร์เซ็นต์ (มีค่า LD₅₀ เท่ากับ 22,438 ppm)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิด (ขิง ข่า กระชายดำ ไพล ขมิ้นชัน) ที่สกัดด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted solvent

extraction) โดยใช้ระยะเวลาในการสกัด 1, 3 และ 5 นาที ต่อการยับยั้งไรโซปลาด้วยวิธีการกิน พบว่า หลังการทดสอบในวันที่ 5 ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm สารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยเฮกเซน และเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 5 นาที) และสารสกัดหยาบไขมันชั้นที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 5 นาที) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลามากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (โดยมีค่า LD₅₀ เท่ากับ 1,137 ppm 2,105 ppm และ 3,044 ppm ตามลำดับ) รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยเฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 นาที) และสารสกัดหยาบไขมันชั้นที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ (นาน 3 นาที) ส่งผลต่อการตายของไรโซปลามากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ (โดยมีค่า LD₅₀ เท่ากับ 1,654 ppm, 2,168 ppm และ 4,071 ppm ตามลำดับ) ส่วนสารสกัดหยาบจากพืชที่ส่งผลต่อการตายของไรโซปลาต่ำที่สุด คือ สารสกัดหยาบจากขิงและข่าที่สกัดโดยใช้เฮกเซน (นาน 1 นาที) โดยส่งผลต่อการตายของไรโซปลา คือ 41.11 และ 36.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (มีค่า LD₅₀ เท่ากับ 18,369 ppm และ 20,768 ppm ตามลำดับ)

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบจากโพลที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เฮกเซนและเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งไรโซปลาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dewi Sartika Aryani and Wanida Auamcharoen (2016) ที่รายงานว่าสารสกัดจากโพลที่สกัดด้วยเฮกเซน ที่ความเข้มข้น 1,415 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)) สูงที่สุดโดยมีประสิทธิภาพมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ สารสกัดจากโพลที่สกัดด้วย methylene chloride และ methanol ที่ส่งผลต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพดมากกว่า 70 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากในเหง้าโพลมีสาร sabinene, terpenes และ terpenoids (Bakkali *et al.*, 2008) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ในกลุ่มของ terpene นอกจากนี้ยังพบสาร cassumunar A, B และ C ซึ่งเป็น complex curcuminoid มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Jitoe *et al.*, 1994) และพบสาร Phenylbutenoids ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านเชื้อรา และเป็นสารไล่แมลง (Jeenapongsa *et al.*, 2003) ซึ่ง Bussaman *et al.* (2012) ได้ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งไรโซปลาจากสารสกัดจากพืชที่สกัดด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม (maceration) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวสกัด พบว่า สารสกัดจากโพลและไขมันชั้นที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ส่งผลต่ออัตราการตายของไรโซปลาที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และ 98.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับงานวิจัยของ Pumnuan *et al.* (2009) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากไขมันชั้นต่อการยับยั้งไรโซปลา *L. perniciosus* โดยวิธีการรมควัน พบว่าสามารถยับยั้งไรโซปลาได้ 63.8 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า EC₅₀ เท่ากับ 41.79 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มกีฏวิทยาทางการแพทย์. (2546). *สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงทางการแพทย์*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- จงรัก ชูเทียน, ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ และอภิวัฏ ธวัชสิน. (2554). ประสิทธิภาพของขมิ้นชัน, ขิง, ข่า และกระชาย ในการกำจัดเหา. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 4(3), 41-51.
- จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์. (2549). *ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงและผลัดกันขิง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, ธีระชัย จันทระเสนา, นิล เหมบุรุษ และรัตนา อินทร์ฤทธิ. (2545). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์กระชายดำให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ*. เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- เชิดศักดิ์ มณีรัตน์รุ่งโรจน์. (2558). *การสกัดสาร Ginkgolide และ Bilobalide จากใบแปะก๊วย Ginkgo biloba*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2554). *การศึกษาทางเภสัชวิทยากระชายดำ*. [ออนไลน์]. ได้จาก <http://www.thaicrudedrug.com> [สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2559].
- ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2554). *การศึกษาทางเภสัชวิทยาของขิง*. [ออนไลน์]. ได้จาก <http://www.phargarden.com> [สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2559].
- ณาดยา ธนะศิริวัฒนา, สุนิดา ณ.ตะกั่วทุ่ง และธนันต์ ฐานะจาโร. (2540). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยกระชายดำ เปราะหอม และเผ่าหนั่งแห้ง. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดวงกมล เรือนงาม. (2557). การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 23(2), 123-124.
- ดวงสมร สุทธิสุทธิ, Paul G. Fields และอังศุมาลย์ จันทราปัติ. (2554). ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)). *แก่นเกษตร*, 39, 345-358.
- ต้นร่างอ้างอิงสมุนไพรไทย. (2555). *ไพล. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*, 10(1), 52-56.
- ธารทิพย์ ภาสบุตร. (2540). *ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีต่อเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง (Colletotrichum Gloeosporioides (Penz.) Sacc. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นุศรา ดาวโรจน์. (2550). *ผลของสารสกัดจากกระชายดำและกระเจี๊ยบแดงต่อความดันเลือดแดงและการทำงานของไตในหนูแร้*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- เนตรนภิส เขียวชา และบัณฑิต โสภณ. (2553). การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum Gleosporioides* จากผลไม้ 4 ชนิด ด้วยสารสกัดหยาบข่า. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 41(3/1(พิเศษ)), 437-440.
- บุญนาก หมื่นอาจาสา. (2553). ผลของอุณหภูมิอบแห้งและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเหง้าไพล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปราวีณา ประดับพันธ์. (2553). การพัฒนาเจลล้างหน้าจากสารสกัดใบขนุน “พูชบา”. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.
- พร้อมจิต ศรีลัมภ์ และอาทร รุ่งไพบูลย์. (2542). สมุนไพรไทยที่ควรรู้. กรุงเทพฯ: อมรินทร์ พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.
- พวงเพ็ญ ศิริรักษ์. (2551). การศึกษาพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) ในประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 5(2), 119-128.
- เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. (2549). สมุนไพรในอุทยานแห่งชาติภาคเหนือ. นนทบุรี: ศูนย์พัฒนาตำราการแพทย์แผนไทย มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา.
- มณฑกาญจน์ ชนะภัย. (2549). ชนิดและปริมาณของสารสกัดจากพืชวงศ์ Zingiberaceae, Apiaceae และ Piperaceae ต่อการควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) และเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด (*Alternaria brassicicola*). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รัตนา อินทรานุกุล. (2547). การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล, พร้อมจิตต์ ศรีลัมภ์, สมภาพ ประธานธรรักษ์, วิจิต เปานิล, นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ และวงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล (2545). สมุนไพรที่ควรรู้. กรุงเทพฯ: ศักดิโสภาคการพิมพ์.
- วทันยา ลิ้มปะยอยม, ณัฐฐา เลหากุลจิตต์ , ภรณ์ทิพย์ ดุษฎีลาวัลย์ และเกษรา วามะศิริ. (2557). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 37(3), 297 – 311.
- วิทยา ทวีสุข. (2549). การใช้ประโยชน์จากสารสกัดจากข่าในการป้องกันกำจัดโรคพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิไลลักษณ์ บุญหลาย. (2556). วิธีสกัดและตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการสกัดพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เพื่อการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(ฉบับพิเศษ), 19-27.
- สรวยสม จิตรรัตน์. (2524). การศึกษาชีววิทยาและการป้องกันกำจัดไรไข่ปลาที่เป็นศัตรูของเห็ดหูหนู. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุพจน์ แวงภูลา (2549). ไรไข่ปลา (*Luciaphorus perniciosus* Rack). [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://sarakased.blogspot.com> [สืบค้นเมื่อวันที่ 5 เมษายน 2559].

- อรพิน เสละคร. (2547). *ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการแตกหน่อกระชายดำในสภาพปลอดเชื้อ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต พืชมูล: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- อังศุมาลย์ จันทราปัติ. (2550). *การป้องกันกำจัดไรศัตรูพืช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อัญชนา ประศาสนวิทย์, ประภาทิพย์ เอี่ยมโสภณา และสรินนา ชีวะเกรียงไกร (2551). *การศึกษาสมุนไพรพื้นบ้านที่มีฤทธิ์เฉพาะเจาะจงในการควบคุมพาหะนำโรคติดต่อระหว่างประเทศ ในหลอดทดลอง*. จังหวัดนนทบุรี: กลุ่มโรคติดต่อระหว่างประเทศสำนักโรคติดต่อทั่วไป.
- อำนาจ อิศรางกูร. (2553). การใช้สารสกัดจากพืชควบคุมแมลงศัตรูพืช. *วารสารเกษตรก้าวหน้า*, 7(4), 210-216.
- อุดมเดชา พลเยี่ยม. (2556). *การศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากมะเดื่อ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- เอกรินทร์ ภัทรธนวดี. (2550). *การสกัดเครื่องเทศของไทยด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง และประสิทธิภาพของสารสกัดเครื่องเทศร่วมกับ EDTA ในการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Ahmad, F., Sagheer, M., Hammad, A., Rahman, S. M. and Hasan, U. M. (2013). Insecticidal Activity of Some Plant Extracts Against *Trogoderma granarium* (E.). *The Agriculturists*, 11(1), 103-111.
- Aryani, S. D. and Auamcharoen, W. (2016). Repellency and contact toxicity of crude extracts from three Thai plants (Zingiberaceae) against maize grain weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschlusky) (Coleoptera: Curculionidae). *JBiopest*, 9(1), 52-62.
- Azwanida, N. N. (2015). A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle Strength and Limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*, 4(3), 110-117.
- Bussaman, P., Sa-uth, C., Rattanasena, P. and Chandrapatya, A. (2012). Effect of Crude Plant Extracts on Mushroom Mite, *Luciaphorus sp.* (Acari: Pygmephoridae). *Psyche: A Journal of Entomology*, 12(5), 45-52.
- Chang, Q., Zuo, Z., Chow, M. S. S. and Ho, W. K. K. (2005). Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. major) fruits and a hawthorn drink. *Food Chemistry*, 38, 91-98.
- Cinar, I. (2005). Stability studies on the enzyme extracted sweet potato carotenoproteins. *Food Chemistry*, 89(3), 397-401.
- Dewi, S. Aryani and Wanida, A. (2016). Repellency and contact toxicity of crude extracts from three Thai plants (Zingiberaceae) against maize grain weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschlusky) (Coleoptera: Curculionidae). *JBiopest*, 9(1), 52-62.
- Guzman, C. C. and Siemonsma, J. S. (1999). Plant Resources of South-East Asia No 13. *BotanicaZJournal of the Linnean Society*, 137, 443-448.

- Farrell, K. T. (1990). *Spices Condiments and Seasonings*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Morais, H., Ramos, C., Forgacs, E., Cserhati, T. and Oliviera, J. (2002). Influence of storage conditions on the stability of monomeric anthocyanins studied by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*, 770, 297-301.
- Pumnuan, J., Insung, A. and Rongpol, P. (2009). Effectiveness of medical plantessential oils on pregnant female of *Luciaphorus perniciosus* Rack (Acari: Pygmephoridae). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 6(4), 87-92.
- Thongson, C., Davidson, P. M., Mahakarnchanakul, M. and Vibulsresth, P. (2005). Antimicrobial effect of Thai spices against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* DT104. *J. Food Prot.* 67(10), 2054-2058.
- Wu, J., Lin, L. and Chau, F. (2001). Ultrasound-assisted extraction of *ginseng saponins* from ginseng roots and cultured ginseng cells. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 347-352.
- Wuttiwong, K., Ngampongsai, A. and Chanbang, Y. (2015). Repellant activity against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) of certain plant oils. *KHON KAEN AGR*, 43(1), 52-68.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
อาหารเลี้ยงเชื้อเห็ด และการเตรียมสารสกัดเห็ด

อาหารเลี้ยงเชื้อ

Potato Dextose Agar (PDA)

Potato 200.0 กรัม

Dextose 20.0 กรัม

Agar 15.0 กรัม

Distilled Water 1000 มิลลิลิตร

ผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยน้ำปริมาตร 1 ลิตร แล้วนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้จนของเหลวมีอุณหภูมิประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส แล้วแบ่งใส่ภาชนะตามต้องการภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ

การคำนวณความเข้มข้นของสารสกัด

เตรียมสารสกัดที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 100,000 ppm ถ้าต้องการเตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้น 2,500 ppm ในปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{หาได้จาก} \quad C_1 V_1 &= C_2 V_2 \\ \text{จะได้} \quad 100,000 \times V_1 &= 2,500 \times 1.5 \\ V_1 &= (2,500 \times 1.5) / 100,000 \\ \text{ดังนั้น} \quad V_1 &= 0.038 \text{ มิลลิลิตร} \end{aligned}$$

ฉะนั้น ถ้าต้องดูดสารสกัดจากสารสกัดเริ่มต้นมา 0.038 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย

ตัวทำละลายให้ได้ 1.5 มิลลิลิตร

ถ้าต้องการเตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้น 5,000 ppm ในปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{หาได้จาก} \quad C_1 V_1 &= C_2 V_2 \\ \text{จะได้} \quad 100,000 \times V_1 &= 5,000 \times 1.5 \\ V_1 &= (5,000 \times 1.5) / 100,000 \\ \text{ดังนั้น} \quad V_1 &= 0.075 \text{ มิลลิลิตร} \end{aligned}$$

ฉะนั้น ถ้าต้องดูดสารสกัดจากสารสกัดเริ่มต้นมา 0.075 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย

ตัวทำละลายให้ได้ 1.5 มิลลิลิตร

ถ้าต้องการเตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้น 10,000 ppm ในปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{หาได้จาก} \quad C_1 V_1 &= C_2 V_2 \\ \text{จะได้} \quad 100,000 \times V_1 &= 10,000 \times 1.5 \\ V_1 &= (10,000 \times 1.5) / 100,000 \\ \text{ดังนั้น} \quad V_1 &= 0.15 \text{ มิลลิลิตร} \end{aligned}$$

ฉะนั้น ถ้าต้องดูดสารสกัดจากสารสกัดเริ่มต้นมา 0.15 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย

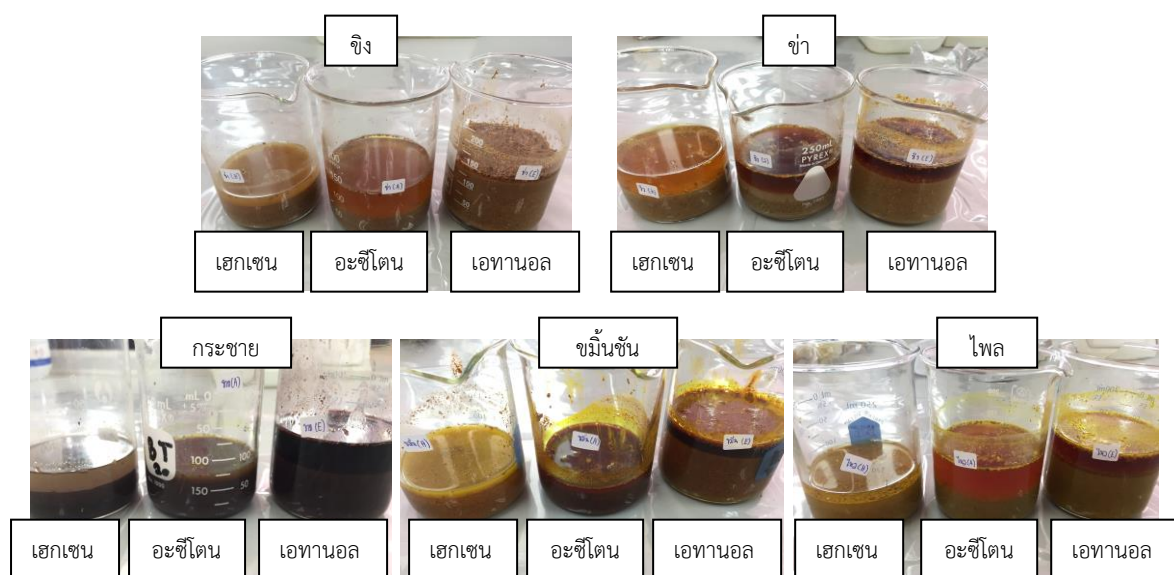
ตัวทำละลายให้ได้ 1.5 มิลลิลิตร

ถ้าต้องการเตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้น 15,000 ppm ในปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร

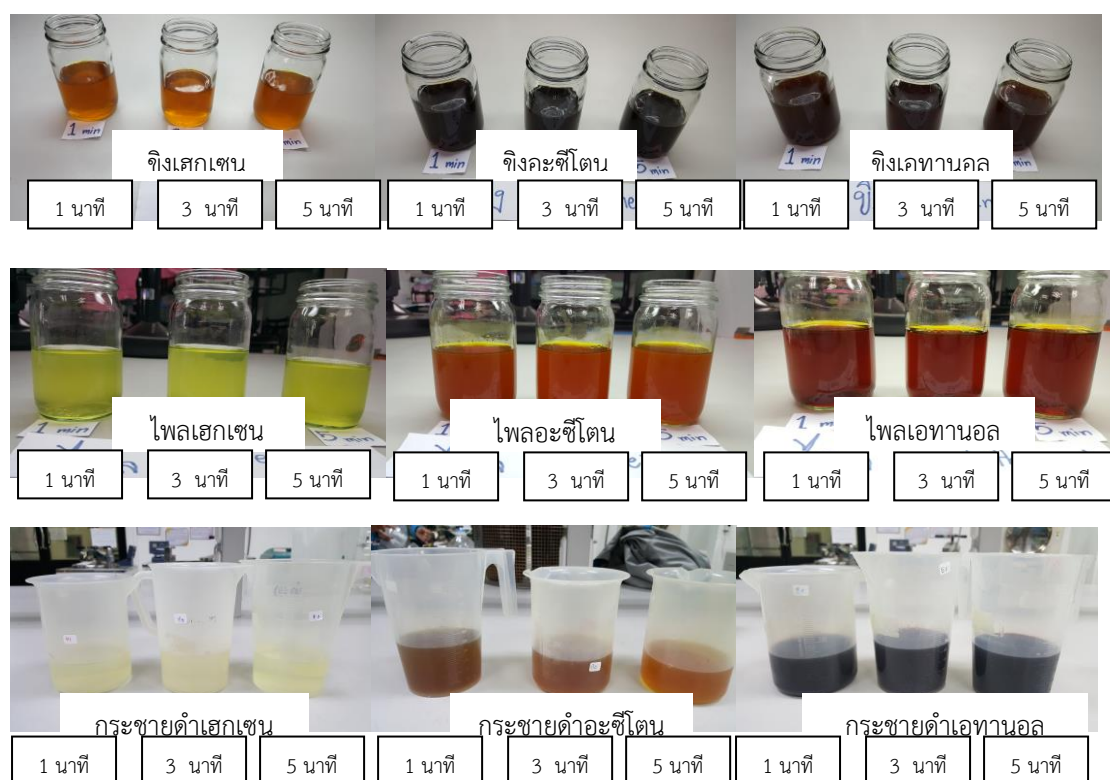
$$\begin{array}{rcl}
 \text{หาได้จาก} & C_1 V_1 & = C_2 V_2 \\
 \text{จะได้} & 100,000 \times V_1 & = 50,000 \times 1.5 \\
 & V_1 & = (50,000 \times 1.5)/100,000 \\
 \text{ดังนั้น} & V_1 & = 0.75 \text{ มิลลิลิตร}
 \end{array}$$

ฉะนั้น ถ้าต้องดูดสารสกัดจากสารสกัดเริ่มต้นมา 0.75 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลายให้ได้ 1.5 มิลลิลิตร

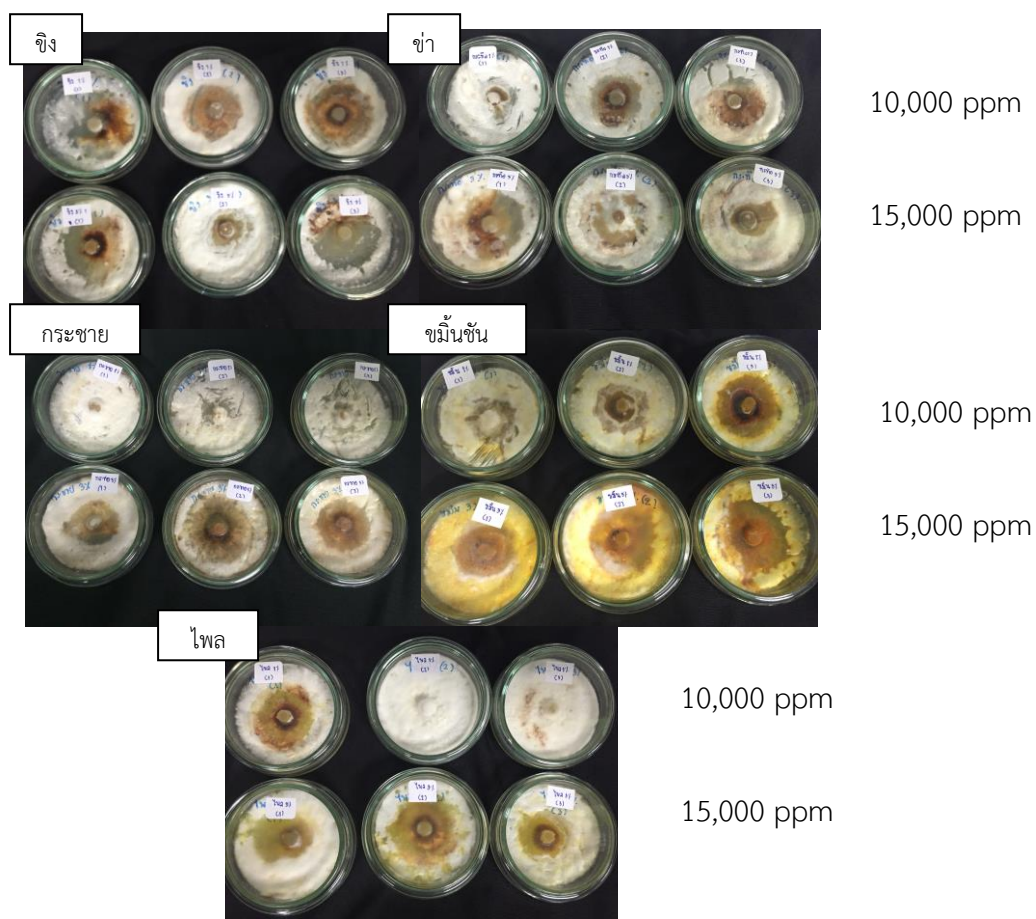
ภาคผนวก ข
ลักษณะของสารสกัดหยาบจากฟิวจันและเชื้อเห็ดของขาว (*Lentinus squarrosulus*)
หลังจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



ภาพประกอบ ข.1 การสกัดสารจากพืชวงศ์ขิงด้วยวิธีการหมัก (maceration)



ภาพประกอบ ข.2 ตัวอย่างสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound-assisted Extraction)



ภาพประกอบ ข.3 การยับยั้งไรโซปลา เมื่อทดสอบด้วยสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลาย
เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 และ 15,000 ppm
หลังการบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล	นางสาวอัญชนก เวียนเป๊ะ
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2536
จังหวัด และประเทศที่เกิด	จังหวัดอุดรธานี ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2554	มัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนเซนต์แมรี อุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
พ.ศ. 2559	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2561	ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน	-
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	บ้านเลขที่ 102/31 ถนนอุดรduxงู ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

ผลงานวิจัย

อัญชนก เวียนเป๊ะ, ปริญญาธิ์ อิศรานุวัฒน์ และประภัสสร บุขหมั่น. (2559). การสกัดพิษสมุนไพรด้วย
ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงและประสิทธิภาพในการทำลายไรโซปลา
Luciaphorus perniciosus Rack วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม, 12(ฉบับพิเศษ), 201-208.